

# **Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Philosophischen Fakultät III

der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Vorgelegt von  
Yvonne Kaußner  
aus Würzburg  
Würzburg, 2007

Erstgutachter: Prof. Dr. Hans-Peter Krüger

Zweitgutachter: Prof. Dr. Heiner Ellgring

Tag des Kolloquiums: 23.01.2007

## VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen zweier Forschungsprojekte, die in Zusammenarbeit mit den Universitätskliniken Marburg und Würzburg am Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) der Universität Würzburg durchgeführt wurden. Hierbei handelte es sich zum einen um eine deutschlandweite Befragung von Mitgliedern der Deutschen Parkinson-Vereinigung (dPV), zum anderen um eine Fall-Kontroll-Studie im Würzburger Fahrsimulator. Beide Projekte wurden von der dPV gefördert. So möchte ich mich zunächst bei der dPV und hier insbesondere bei Friedrich Mehrhoff und Dr. Wolfgang Götz ganz herzlich dafür bedanken, dass sie die vorliegende Arbeit überhaupt erst ermöglicht haben.

Und natürlich können Studien wie diese nur durch die kompetente Mithilfe und hohe Einsatzbereitschaft weiterer Personen realisiert werden. So möchte ich weiterhin all jenen Menschen meinen Dank aussprechen, die zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen haben.

Zunächst sind hier die Marburger Kollegen Prof. Dr. Wolfgang H. Oertel, Dr. Carsten Möller und Dr. Karin Stiasny-Kolster zu nennen, denen ich für die hervorragende Zusammenarbeit bei der dPV-Befragung 2000 danken möchte - aber auch dafür, dass sie mich in die Welt der Publikationen, Cover-Letters und Peer Reviews eingeführt haben. Ein außerordentliches Dankeschön gebührt Doris Haja. Ihre Ideen bei der Gestaltung des Fragebogens und des Interviewleitfadens, aber auch die Sorgfalt und Perfektion, mit der sie die Datenauswertung vorbereitet und mir das Projekt schließlich übertragen hat, waren eine wesentliche Voraussetzung für die Qualität der Befunde. Mein ganz besonderer Dank gebührt meiner Freundin und ehemaligen Kollegin Charlotte S. Meindorfner. Ihr logistisches Talent und ihr methodisches Verständnis waren bei Weitem nicht nur für die Telefoninterviews unverzichtbar. Vor allem auf unsere gemeinsamen Tagungen und kreativen Abende werde ich immer gerne zurückblicken. Aber auch dafür, dass sie stets ein offenes Ohr für mich hatte und dass sie diese Arbeit als „Advocatus diaboli“ Korrektur gelesen hat, möchte ich ihr ganz herzlich danken.

Ebenso waren mir bei der Fall-Kontroll-Studie einige Personen mit beispiellosem Einsatz behilflich. Allen voran Sonja Hoffmann und Dr. Susanne Buld - nur unter zahlreichen anderen Punkten sind hier das Programmieren der Strecken und die Unterstützung bei der Datenaufbereitung zu nennen. Desgleichen möchte ich Dr. Heiko Tietze, der Wesentliches zur Gestaltung und zur Auswertung der Vigilanzfahrt beigetragen hat, meinen besonderen Dank aussprechen. Prof. Dr. Markus Naumann und Dr. Berthold Merz danke ich für die Rekrutierung und die neurologische Untersuchung der Patienten. Für die Rekrutierung der letzten Patientin aus Bonn möchte ich mich bei Dr. Tanja Schmitz-Hübsch ganz herzlich bedanken.

Ferner danke ich PD Dr. Mark Vollrath, Ingo Totzke und Dr. Rainer Scheuchenpflug dafür, dass sie meine unablässigen Fragen zu methodischen und statistischen Problemen stets geduldig und kompetent beantwortet haben. Ebenso möchte ich allen Informatikern des WIVW (Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften), allen voran Christian Mark, für die unglaubliche Geduld und prompte Hilfe bei Hard- und Software Problemen jedweder Art danken. Für die unermüdliche Bereitschaft, mir alle Fragen zum Lidschluss zu beantworten, danke ich Dr. Volker Hargutt. Und dafür, dass sie diese Arbeit so gewissenhaft Korrektur gelesen haben, möchte ich mich schließlich bei Ulrike Metz, Regina Kaußner und Christina Kröner ganz herzlich bedanken.

Vielen, vielen Dank aber auch allen Hiwis, die an den Projekten mitgearbeitet haben, sowie allen Probanden und Patienten. Insbesondere die Einsatzbereitschaft und das Durchhaltevermögen der Parkinson-Patienten haben mich immer wieder beeindruckt! Nicht zuletzt hatten wir es ihnen zu verdanken, dass die Erhebung so viel Spaß gemacht hat.

Und natürlich möchte ich meinem Doktorvater Prof. Dr. Hans-Peter Krüger meinen außerordentlichen Dank aussprechen. So wurde diese Arbeit wesentlich durch seine Kreativität und sein methodisches Fachwissen geprägt. Vor allem aber möchte ich ihm dafür danken, dass er mir die Gelegenheit gegeben hat, genau in diesem Thema zu promovieren.

*für Edeltraud Körner & Ruthard Büchler*

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |                                                                                  |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>EINFÜHRUNG .....</b>                                                          | <b>11</b> |
| <b>2</b> | <b>FAHREIGNUNG .....</b>                                                         | <b>12</b> |
| 2.1      | Terminologie „Fahreignung“ oder „Fahrtauglichkeit“?                              | 12        |
| 2.2      | Rechtliche Aspekte                                                               | 13        |
| 2.2.1    | Rechtliche Grundlagen zum Begriff „Fahreignung“ und zur Fahreignungsbegutachtung | 13        |
| 2.2.2    | Verantwortlichkeiten bei der Beurteilung der Fahreignung                         | 17        |
| 2.3      | Diagnostische Methoden der Fahreignungsbegutachtung                              | 18        |
| 2.3.1    | Kraftfahrerspezifische Persönlichkeitstests                                      | 19        |
| 2.3.2    | Kraftfahrerspezifische Leistungstests                                            | 20        |
| 2.3.3    | Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr                                         | 24        |
| <b>3</b> | <b>GRUNDLAGEN ZUM KRANKHEITSBILD M. PARKINSON .....</b>                          | <b>28</b> |
| 3.1      | Epidemiologie, Ätiologie und Pathogenese                                         | 28        |
| 3.2      | Symptomatik                                                                      | 30        |
| 3.2.1    | Die motorischen Kardinalsymptome                                                 | 30        |
| 3.2.2    | (Fahrrelevante) Begleitsymptome                                                  | 32        |
| 3.2.2.1  | Kognitive Defizite                                                               | 32        |
| 3.2.2.2  | Aktivationale Beeinträchtigungen und die dPV-Befragung 2000                      | 36        |
| 3.2.2.3  | Sensorische Veränderungen                                                        | 39        |
| 3.2.3    | Weitere Begleitsymptome                                                          | 40        |
| 3.3      | Krankheitsverlauf                                                                | 40        |
| 3.4      | Therapie                                                                         | 41        |
| <b>4</b> | <b>BISHERIGE EMPIRISCHE EVIDENZ ZUR FAHRTAUGLICHKEIT BEI M. PARKINSON.....</b>   | <b>44</b> |
| 4.1      | Beeinträchtigungen in der Fahrleistung von Parkinson-Patienten                   | 44        |
| 4.2      | Die Rolle motorischer, kognitiver und aktivationaler Beeinträchtigungen          | 46        |
| 4.3      | Selbsteinschätzung und Kompensation                                              | 50        |
| <b>5</b> | <b>AKTUELLE RECHTLICHE GRUNDLAGEN ZUR FAHRTAUGLICHKEIT BEI M. PARKINSON.....</b> | <b>53</b> |
| <b>6</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG, FAZIT UND HERLEITUNG DER EMPIRISCHEN FRAGESTELLUNG .....</b> | <b>54</b> |

|          |                                                                                     |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7</b> | <b>VERKEHRSBEZOGENE FRAGEBOGEN- UND INTERVIEWDATEN DER DPV-BEFragung 2000 .....</b> | <b>58</b> |
| 7.1      | Ziele und Fragstellung                                                              | 58        |
| 7.2      | Stichprobe und Methoden                                                             | 58        |
| 7.3      | Wesentliche Befunde                                                                 | 61        |
| 7.3.1    | Mobilitätsbedürfnis und -verhalten                                                  | 61        |
| 7.3.2    | Unfallbelastung                                                                     | 64        |
| 7.3.3    | SOS am Steuer                                                                       | 66        |
| 7.4      | Implikationen für die Fall-Kontroll-Studie                                          | 69        |
| <b>8</b> | <b>FALL-KONTROLL-STUDIE IN DER FAHRSIMULATION .....</b>                             | <b>71</b> |
| 8.1      | Ziele, Fragestellung und Herleitung der Untersuchungsanordnung                      | 71        |
| 8.2      | Methodik                                                                            | 73        |
| 8.2.1    | Versuchsplan und Rekrutierung der Stichprobe                                        | 73        |
| 8.2.2    | Ablauf und Inhalte der Fall-Kontroll-Studie                                         | 75        |
| 8.2.2.1  | Neurologische Untersuchung/ Rekrutierung der Testfahrer                             | 75        |
| 8.2.2.2  | Fahrsimulation                                                                      | 76        |
| 8.2.2.3  | ART-2020                                                                            | 82        |
| 8.2.2.4  | Fragebogen zum Fahrverhalten                                                        | 83        |
| 8.2.3    | Auswertungsdesign                                                                   | 83        |
| 8.2.4    | Allgemeines Auswertungskonzept                                                      | 84        |
| 8.2.5    | Zusammenfassung                                                                     | 85        |
| 8.3      | Charakterisierung der Stichprobe                                                    | 86        |
| 8.4      | Fahrverhaltensprobe im Fahr Simulator                                               | 89        |
| 8.4.1    | Gestaltung des Parcours                                                             | 89        |
| 8.4.2    | Durchführung der Fahrverhaltensbeobachtung in Anlehnung an Brenner-Hartmann (2002)  | 94        |
| 8.4.3    | Auswahl und Aufbereitung der über die Simulation aufgezeichneten Daten              | 97        |
| 8.4.3.1  | Fahrdaten                                                                           | 97        |
| 8.4.3.2  | Herzrate                                                                            | 98        |
| 8.4.4    | Erfassung der subjektiven Einschätzung                                              | 98        |
| 8.4.5    | Auswertung                                                                          | 99        |
| 8.4.6    | Ergebnisse                                                                          | 101       |
| 8.4.6.1  | Beobachtungsdaten                                                                   | 101       |
| 8.4.6.2  | Aufgezeichnete Fahrdaten                                                            | 121       |
| 8.4.6.3  | Herzrate                                                                            | 142       |
| 8.4.6.4  | Subjektive Daten                                                                    | 147       |
| 8.4.7    | Zusammenfassung der Ergebnisse der Fahrverhaltensprobe                              | 150       |
| 8.5      | Vigilanzfahrt im Fahr Simulator                                                     | 152       |
| 8.5.1    | Gestaltung von Fahr- und Nebenaufgabe                                               | 153       |
| 8.5.2    | Auswahl und Aufbereitung der aufgezeichneten Daten                                  | 154       |
| 8.5.3    | Online-Beobachtung durch den Testleiter                                             | 155       |
| 8.5.4    | Selbsteinschätzung                                                                  | 155       |
| 8.5.5    | Auswertung                                                                          | 156       |
| 8.5.6    | Ergebnisse                                                                          | 159       |

|            |                                                                                                                                |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.5.6.1    | Fahrverhalten und Bewältigung der Stabilisierungsaufgabe                                                                       | 159        |
| 8.5.6.2    | Vigilanzuhr                                                                                                                    | 170        |
| 8.5.6.3    | Lidschluss und Einschlafereignisse                                                                                             | 173        |
| 8.5.6.4    | Inanspruchnahme von Pausen                                                                                                     | 175        |
| 8.5.6.5    | Umgang mit Müdigkeit                                                                                                           | 177        |
| 8.5.6.6    | Einschlafereignisse, Testleiter-Rating und subjektive Zustandseinschätzung (Items aus Online-Beobachtung und Online-Befragung) | 178        |
| 8.5.6.7    | SSS vor und nach der Fahrt                                                                                                     | 183        |
| 8.5.6.8    | Subjektive Leistungsgüte und Beanspruchung                                                                                     | 184        |
| 8.5.7      | Zusammenfassung der Ergebnisse der Vigilanzfahrt                                                                               | 187        |
| <b>8.6</b> | <b>ART-2020</b>                                                                                                                | <b>189</b> |
| 8.6.1      | Zusammenstellung der Testbatterie                                                                                              | 189        |
| 8.6.2      | Beschreibung der Testverfahren                                                                                                 | 190        |
| 8.6.3      | Auswertung                                                                                                                     | 194        |
| 8.6.4      | Ergebnisse aus den Leistungstests                                                                                              | 196        |
| 8.6.4.1    | Vergleich mit der Normstichprobe                                                                                               | 196        |
| 8.6.4.2    | Erscheinen des Testleiter-Items                                                                                                | 199        |
| 8.6.4.3    | Analyse der Rohwerte                                                                                                           | 200        |
| 8.6.4.4    | Faktorenanalyse                                                                                                                | 211        |
| 8.6.5      | Ergebnisse aus den Persönlichkeitstests                                                                                        | 213        |
| 8.6.6      | Zusammenfassung der Befunde aus der Testbatterie am ART-2020                                                                   | 213        |
| 8.7        | Fragebogen zum Fahrverhalten                                                                                                   | 214        |
| 8.8        | Vergleich von Fahrverhaltensprobe und ART-2020                                                                                 | 217        |
| 8.9        | Beschreibung zusätzlich untersuchter Sonderfälle                                                                               | 219        |
| 8.9.1      | Demenz                                                                                                                         | 219        |
| 8.9.2      | Fahren aufgegeben                                                                                                              | 220        |
| 8.10       | Kritische Anmerkungen zur Fall-Kontroll-Studie                                                                                 | 221        |
| <b>9</b>   | <b>ZUSAMMENFASSENDER DISKUSSION .....</b>                                                                                      | <b>223</b> |
| 9.1        | Beeinträchtigungen in der Fahrleistung von Parkinson-Patienten                                                                 | 224        |
| 9.2        | Die Rolle motorischer, kognitiver und aktivationaler Beeinträchtigungen                                                        | 227        |
| 9.3        | Selbsteinschätzung                                                                                                             | 232        |
| 9.4        | Kompensation                                                                                                                   | 233        |
| 9.5        | Implikationen für die Diagnostik von Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson                                                         | 236        |
| 9.6        | Ausblick                                                                                                                       | 239        |
| <b>10</b>  | <b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>                                                                                               | <b>240</b> |
| <b>11</b>  | <b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>                                                                                             | <b>247</b> |
| <b>12</b>  | <b>ANHANG .....</b>                                                                                                            | <b>248</b> |

## ABSTRACT

Die Diagnose der Fahrtauglichkeit von Patienten mit M. Parkinson ist weitgehend auf die Schwere der motorischen Beeinträchtigung zentriert. In neuerer Zeit kam die Diskussion um das Auftreten von „Schlafattacken“ hinzu. In diesem Problemfeld ist die vorliegende Arbeit angesiedelt. Dazu wurden zwei Studien durchgeführt: zum einen die dPV-Befragung 2000 mit über 6000 beantworteten Fragebögen und fast 400 Telefoninterviews, zum anderen eine Fall-Kontroll-Studie im Würzburger Fahrsimulator mit 24 Patienten und 24 gesunden Vergleichspersonen.

Bei der dPV-Befragung 2000 handelt es sich um eine deutschlandweite Fragebogen- und Interviewstudie, welche v.a. den Problemstand im Sinne eines Dilemmas zwischen Mobilitätsbedürfnis der Patienten und Sicherheitsanspruch der Gesellschaft belegte. Einerseits ließ allein die hervorragende Rücklaufquote von 63% (bei über 12 000 versandten Fragebögen) ein enormes Mobilitätsbedürfnis der Patienten erkennen, andererseits ergaben sich aber auch im Hinblick auf die Verkehrssicherheit kritische Befunde: So wurde v.a. für jüngere Parkinson-Patienten ein erhöhter Verursacheranteil bei Verkehrsunfällen nachgewiesen. Zudem konnten neben der (hier subjektiv erfassten) Krankheitsschwere erstmalig auch Tagesmüdigkeit und plötzliche Einschlafereignisse als signifikante Risikofaktoren für die Unfallbelastung der Patienten identifiziert werden.

Um den gemeinsamen Einfluss von motorischen (Krankheitsschwere) und aktivationalen (Tagesmüdigkeit) Beeinträchtigungen prospektiv zu untersuchen, wurde anschließend eine Fall-Kontroll-Studie im Würzburger Fahrsimulator durchgeführt. Durch diese Studie sollte weiterhin der Einsatz und die Wirkung kompensatorischer Bemühungen untersucht werden. Zudem sollte geprüft werden, inwiefern die herkömmlichen Testverfahren der Fahreignungsdiagnostik zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten geeignet sind. Insgesamt wurden dazu 24 Parkinson-Patienten mit 24 gesunden Personen verglichen, die nach Alter, Geschlecht und Fahrerfahrung gematcht waren. Die Patientengruppe wurde nach Krankheitsschwere (Hoehn & Yahr-Stadien 1, 2 und 3) und nach Tagesmüdigkeit (ja - nein) geschichtet, so dass sich 3x2 Subgruppen ergaben. Alle Testfahrer waren aktive Fahrer und nicht dement (MMSE-Score  $\geq 27$ ). Jeder Proband absolvierte zwei Fahrten im Simulator. In einer Fahrverhaltensprobe (Fahrt 1) war eine Serie von Verkehrssituationen unterschiedlicher Schwierigkeit realisiert, Fahrt 2 stellte eine monotone Nachtfahrt dar. Um eine Abschätzung des Einsatzes und der Effektivität kompensatorischer Bemühungen zu bekommen, wurde ein Teil der Fahrt 1 unter Zeitdruck wiederholt. In Fahrt 2 wurde Kompensation durch die Inanspruchnahme frei wählbarer Pausen erfasst. Zur Darbietung der psychometrischen Leistungstests wurde das „Act-React-Testsystem“ (ART-2020) verwendet.

Konsistent zu den Befunden der Literatur zeigten sich deutliche Beeinträchtigungen im Fahrverhalten der Patienten. So registrierten geschulte Beobachter in der Fahrverhaltensprobe bei ihnen insgesamt mehr Fahrfehler als bei gesunden Testfahrern. Insbesondere waren Fehler wegen einer schlechten Spurhaltung (Abkommen von der Fahrbahn), stark verlangsamtes Fahren, Blinkfehler sowie Fehler wegen einer Behinderung oder Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer charakteristisch für die Patienten. Auch in der monotonen Nachtfahrt zeichneten sich die Patienten durch eine beeinträchtigte Spurhaltung aus. Signifikante Zusammenhänge zu Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit konnten zwar zu einigen Variablen der Fahrleistung nachgewiesen werden, sie waren aber nicht ausreichend, um die Fahrtauglichkeit

der Patienten zu präzisieren. Insbesondere ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2 zeigten sich enorme interindividuelle Unterschiede.

So wurden die Auffälligkeiten im Fahrverhalten von den Testleitern nur bei fünf Patienten als so schwerwiegend erachtet, dass ihre Fahrtauglichkeit in Frage gestellt wurde. Zwei von ihnen waren im Hoehn & Yahr-Stadium 2, drei im Stadium 3.

Ein essentieller Befund war, dass die Patienten bei den Testfahrten in erheblichem Maße kompensierten: So bewirkte die Einführung der Bedingung „Zeitdruck“ in der Fahrverhaltensprobe sowohl einen signifikant höheren Zeitgewinn als auch einen höheren Fehlerzuwachs bei den Patienten. Insbesondere litt die Spurhaltung der Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 unter dem Zeitdruck. In der monotonen Nachtfahrt gelang es den Patienten durch häufigeres Pausieren, Einschlafereignisse zu verhindern: Selbst die tagesmüden Patienten schliefen nicht häufiger ein als die gesunden Testfahrer.

Kritisch zu bewerten war allerdings die Beurteilung der eigenen Leistung durch die Patienten. Trotz ihrer deutlich nachweisbaren Beeinträchtigungen stuften sie ihre Fahrleistung - ebenso wie die gesunden Testfahrer - im Durchschnitt als „mittel“ bis „gut“ ein.

Am ART-2020 erwiesen sich die Patienten im Wesentlichen nur als motorisch verlangsamt. Lediglich vereinzelt fanden sich auch Hinweise auf eine kognitive Verlangsamung. Kritischerweise konnten aber motorische und kognitive Komponenten in einigen Tests nur unzureichend getrennt werden. So schnitten die Patienten stets in solchen Tests schlechter ab, in denen ein schnelles Tastendücken gefordert war - auch wenn durch das jeweilige Verfahren primär kognitive Aspekte (wie Aufmerksamkeit oder visuelle Strukturierungsfähigkeit) geprüft werden sollten.

Allerdings hatten nicht nur die Patienten, sondern auch die gesunden Testfahrer dieser Altersgruppe enorme Schwierigkeiten mit den Leistungstests. Nur 4.2% der Patienten und 8.3% der gesunden Probanden erreichten in allen erhobenen Parametern einen Prozentrang von mindestens 16, was als Kriterium für das Bestehen einer solchen Testbatterie gilt.

Alles in allem konnte durch die vorliegende Fall-Kontroll-Studie zwar bestätigt werden, dass Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit auf einige Parameter der Fahrleistung einen signifikanten Einfluss haben, insgesamt konnten diese Merkmale die Fahrleistung aber nicht zufriedenstellend vorhersagen. Ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2 schien die Fähigkeit, krankheitsbedingte Beeinträchtigungen zu kompensieren, eine wesentliche Rolle zu spielen. Sowohl der Einsatz als auch der Nutzen kompensatorischer Bemühungen wurden im Fahrverhalten der Parkinson-Patienten klar belegt. Kritischerweise wird aber genau diese Fähigkeit in den traditionellen Leistungstests nicht erfasst. Es wird vermutet, dass bei neurologischen Erkrankungen ebenso wie bei älteren Fahrern eine - wie hier durch den Zeitdruck und die extreme Monotonie realisierte - „provokative Diagnostik“ den herkömmlichen Verfahren überlegen ist. Neben einer angepassten Diagnostik mangelt es aber derzeit auch an gezielten Konzepten zum Training von Kompensationsfähigkeit und damit zum *Erhalt* sowie zur *Förderung* von Fahrtauglichkeit.

# 1 EINFÜHRUNG

Die Tatsache, dass unsere Gesellschaft in erheblichem Maße altert, wird auch den Bereich der Verkehrssicherheit betreffen. Einerseits steigt der Anteil älterer und (chronisch) kranker Verkehrsteilnehmer stetig an, andererseits stellt Mobilität heute mehr denn je ein zentrales Element der persönlichen Lebensqualität dar. So ist es eine Herausforderung unserer Gesellschaft an die Forschung, sich mit dem daraus resultierenden Dilemma zwischen Sicherheitsanspruch der Gesellschaft und Mobilitätsbedürfnis des alten/ kranken Fahrers in konstruktiver Weise auseinander zu setzen. Insbesondere gilt es, Kriterien und Methoden zu entwickeln, die es erlauben, die Fahreignung dieser Personengruppen zuverlässig zu beurteilen. Dringend sollten aber auch Maßnahmen zum Erhalt und zur Förderung ihrer Fahreignung thematisiert werden.

In den letzten Jahren hat insbesondere die Diskussion um die Fahreignung bei der Parkinson-Erkrankung an Brisanz gewonnen - und dies weniger aufgrund ihrer motorischen Kardinalsymptome, sondern vor dem Hintergrund eines Berichts über einzelne Patienten, die unter der Einnahme der nonergolinen Dopamin-Agonisten Pramipexol bzw. Ropinirol durch „Schlafattacken“ am Steuer Verkehrsunfälle verursacht hatten (Frucht, Rogers, Greene, Gordon & Fahn, 1999). Eine valide Diagnostik der Fahreignung bei M. Parkinson gibt es aber derzeit noch nicht. Wie beim älteren Fahrer allgemein muss die Beurteilung der Fahreignung von Parkinson-Patienten am Einzelfall geschehen. Derzeit stehen dem behandelnden Arzt dazu allerdings nur vage Leitlinien und dem Verkehrspsychologen nur Standardverfahren zur Verfügung, die den Beeinträchtigungen der Parkinson-Patienten nicht gerecht werden. Unter den Ärzten besteht daher Unsicherheit, was sie den Patienten raten sollen. Ebenso wissen auch die Patienten häufig selbst nicht, ob sie noch fahrtauglich sind, und auch viele Angehörige sind beunruhigt, wenn sich die Patienten hinter das Steuer setzen. Die Empfehlung, das Fahren aufzugeben oder gar ein ärztliches Fahrverbot, stellen eine enorme Belastung für das Verhältnis zwischen Arzt und Patient dar und müssen daher anhand einschlägiger Kriterien getroffen werden. Notwendig ist ein valides Diagnoseschema für den Arzt und/ oder den Verkehrspsychologen sowie ökonomische Verfahren, die manifeste und potentielle Beeinträchtigungen nachweisen und in ihrer Bedeutung für die Fahrsicherheit bewerten können. Idealerweise sollten entsprechende Verfahren nicht nur als Diagnostik der Fahreignung verstanden werden, sondern auch eine Abschätzung von Möglichkeiten zur Verbesserung der Leistungen bzw. der Trainierbarkeit des Einzelnen erlauben.

Diesen Zielen einen Schritt näher zu kommen, war die Intention der vorliegenden Arbeit. Zunächst soll dabei auf Grundlagen des Begriffs Fahreignung und des Krankheitsbildes M. Parkinson eingegangen werden. Nach einer Darstellung der bisherigen empirischen Evidenz zur Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten und der aktuellen rechtlichen Lage in Deutschland werden die Befunde einer eigenen epidemiologischen Untersuchung sowie einer darauf basierenden quasi-experimentellen Studie in der Fahrsimulation berichtet und diskutiert.

## 2 FAHREIGNUNG

### 2.1 Terminologie „Fahreignung“ oder „Fahrtauglichkeit“?

In der Literatur finden sich im Kontext der Fahreignung verschiedenste Termini wie Fahrfer-tigkeit, Fahrtauglichkeit, Fahrkompetenz oder Fahrtüchtigkeit, die sehr uneinheitlich verwen-det werden.

In der Fahrerlaubnisverordnung (FeV) und den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung, die von der Bundesanstalt für Straßenwesen herausgegeben wurden (BAST, 2000), wird durchgängig der Begriff der Fahreignung verwendet. So spricht z.B. Burgard (2005) im Kon-text älterer Fahrer und neurologischer Patienten nur dann von „Fahreignung“, wenn auch rechtliche Aspekte tangiert werden. Ansonsten bevorzugt sie den Begriff der „Fahrkompe-tenz“, da diesem „ein erweiterter Fähigkeitsbegriff zugrunde liegt, der einer komplexen und interaktiven Tätigkeit wie dem Autofahren eher gerecht wird.“ (S. 13). Damit soll nicht nur dem Reaktionsvermögen und der Fähigkeit der Fahrzeugbedienung, sondern auch den im Straßenverkehr erforderlichen Sozial- und Persönlichkeitskompetenzen Rechnung getragen werden.

Sprecher, Albrecht und Janssen (in Vorbereitung) definieren im Kontext von Alkohol, Drogen und akuten Erkrankungen die Begriffe Verkehrstüchtigkeit bzw. Fahrsicherheit als situativ gegebene Leistungsfähigkeit. „Fahreignung“ hingegen verstehen sie als grundsätzliche Vor-aussetzungen zum Führen von Kraftfahrzeugen, die durch chronische Erkrankungen in Frage gestellt sein können.

Krüger, Meindorfner und Körner (in Vorbereitung) grenzen die verschiedenen Bezeichnungen wie folgt ab:

- Die *Fahrfertigkeit* ist charakterisiert durch die theoretisch-praktische Fahrkompetenz, die in der Fahrschule erworben und bei der Fahrprüfung unter Beweis gestellt wird.
- Bei der *Fahreignung* handelt es sich um die zeitlich stabile, von aktuellen Situations-parametern unabhängige Fähigkeit zum Führen eines Kraftfahrzeugs (Trait-Variable), während die
- *Fahrtüchtigkeit* als situativ und zeitlich definierte körperlich-geistige Sicherheit zum Führen eines Kraftfahrzeugs anzusehen ist (State-Variable).
- Bei der Beurteilung von *Fahrtauglichkeit* geht es darum, ob sich psychophysische Mängel einer Person auf die Fahrsicherheit auswirken bzw. ob der Betreffende die für das Führen eines Kraftfahrzeugs relevanten psychophysischen Leistungsanforderun-gen noch bewältigen kann.

In der vorliegenden Arbeit sollten insbesondere die mit der Parkinson-Erkrankung einherge-henden motorischen und aktivationalen Beeinträchtigungen in ihrer Auswirkung auf die Fahr-leistung thematisiert werden. Die Parkinson-Erkrankung ist dabei als *chronische Krankheit* mit einer *überdauernden Einnahme* von zentralnervös wirksamen *Medikamenten* verbunden. Es kann also nicht von einer zeitlich begrenzten Wirkung akut applizierter Substanzen ausge-gangen werden. Dennoch sollte dem Einfluss von erkrankungskorrelierten Beeinträchtigungen auf die Fahrleistung eine *Plastizität* unterstellt werden und nicht von einer statischen Fahrlei-stung im Sinne einer Trait-Variable gesprochen werden. Daher wurde der Begriff der „Fahr-

tauglichkeit“ im Folgenden gegenüber den Termini „Fahrkompetenz“, „Fahreignung“ und „Fahrtüchtigkeit“ präferiert. In Analogie zu Burgard (2005) wurde der Begriff „Fahreignung“ nur noch im Kontext der FeV und der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung (BASt, 2000) verwendet.

## 2.2 Rechtliche Aspekte

### 2.2.1 Rechtliche Grundlagen zum Begriff „Fahreignung“ und zur Fahreignungsbegutachtung

Grundlegend für die Fahreignung sowie die Fahreignungsbegutachtung sind in Deutschland das Straßenverkehrsgesetz (StVG), die FeV und die Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung (BASt, 2000).

So setzt die Erteilung einer Fahrerlaubnis gemäß §2 Absatz 2 StVG die Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen voraus. Die „Ungeeignetheit“ führt nach §3 Absatz 1 zum Entzug der Fahrerlaubnis. In §2 Absatz 4 StVG findet sich folgende Legaldefinition der Fahreignung:

„Geeignet zum Führen von Kraftfahrzeugen ist, wer die notwendigen körperlichen und geistigen Anforderungen erfüllt und nicht erheblich oder nicht wiederholt gegen verkehrsrechtliche Vorschriften oder gegen Strafgesetze verstoßen hat. Ist der Bewerber auf Grund körperlicher oder geistiger Mängel nur bedingt zum Führen von Kraftfahrzeugen geeignet, so erteilt die Fahrerlaubnisbehörde die Fahrerlaubnis mit Beschränkungen oder unter Auflagen, wenn dadurch das sichere Führen von Kraftfahrzeugen gewährleistet ist.“  
(§2 Abs. 4, StVG)

Im Hinblick auf die Fahreignung im Falle von Erkrankungen sind insbesondere §11 (Eignung) und Anlage 4 (Eignung und bedingte Eignung zur Führung von Kraftfahrzeugen) FeV maßgeblich. Analog zum §2 StVG findet sich in §11 Abs. 1 der FeV die folgende Forderung:

„Bewerber um eine Fahrerlaubnis müssen die hierfür notwendigen körperlichen und geistigen Anforderungen erfüllen. Die Anforderungen sind insbesondere nicht erfüllt, wenn eine Erkrankung oder ein Mangel nach Anlage 4 oder 5 vorliegt, wodurch die Eignung oder die bedingte Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen ausgeschlossen wird.“  
(§11 Abs. 1, FeV)

In der Anlage 4 der FeV sind schließlich häufig auftretende und länger andauernde Erkrankungen bzw. Mängel aufgelistet, welche sich beeinträchtigend auf die Fahreignung auswirken können. Akute bzw. kürzere Erkrankungen wurden nicht aufgenommen, da hier die Sorgfaltspflicht des individuellen Verkehrsteilnehmers (§2 Abs. 1 FeV) greift.

Für jede der aufgelisteten Störungen ist eine Bewertung derselben im Hinblick auf die Fahreignung aufgeführt, wobei jeweils vom Regelfall ausgegangen wird. Explizit wird auch die Möglichkeit der Kompensation von erkrankungskorrelierten Beeinträchtigungen durch besondere menschliche Veranlagung, Gewöhnung, besondere Einstellung oder besondere Verhaltenssteuerungen und -umstellungen eingeräumt.

Im Falle von Zweifeln an der Fahreignung kann die Fahrerlaubnisbehörde nach §11 Abs. 2 und 3 FeV ein ärztliches Gutachten bzw. die Durchführung einer medizinisch-psychologischen Untersuchung (MPU) anordnen. Der Unterschied zwischen einem ärztlichen Gutachten und einer MPU besteht nicht nur darin, dass Letztere durch die Heranziehung von Arzt *und* Psychologe als interdisziplinär zu charakterisieren und durch die zusätzlich erforderliche Leistungstestung aufwändiger ist; vielmehr soll sie auch eine prognostische Aussage ermöglichen, während das ärztliche Gutachten nur den aktuellen Gesundheitsstatus feststellen soll. (Sprecher et al., in Vorbereitung)

Als Entscheidungsgrundlage für die Fahreignungsbegutachtung bei Erkrankungen hat der Gemeinsame Beirat für Verkehrsmedizin beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen und beim Bundesministerium für Gesundheit im Jahr 2000 die „Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung“ (BASt, 2000) formuliert. Sie entstanden durch die Zusammenführung des Gutachtens „Krankheit und Kraftverkehr“ mit dem „Psychologischen Gutachten Kraftfahrereignung“ (vgl. BASt, 2000). Die Anlage 4 FeV ist gleichsam ein Exzerpt der Begutachtungs-Leitlinien. Obwohl Letztere per se eigentlich keine normative Bindungswirkung haben, wirken sie in der Praxis dadurch ebenfalls wie eine Norm - zumal es sich bei den Begutachtungs-Leitlinien genau um die wissenschaftlich anerkannten Grundsätze handelt, welche nach Anlage 15 Nr. 1 Buchst. C FeV jeder Begutachtung zugrunde zu legen sind (vgl. Bucharth, Eggersmann & Steiner, 2005).

So werden dort zunächst in einem allgemeinen Teil grundsätzliche Hinweise zur Beurteilung der Fahreignung und rechtliche Grundlagen vermittelt. Im anschließenden speziellen Teil werden Leitsätze zur Begutachtung für die wichtigsten verkehrsrelevanten Erkrankungen, Eignungsmängel sowie Verkehrsauffälligkeiten aufgeführt und begründet. Wie bereits erläutert, wurden kurzfristige bzw. akute Störungen nicht aufgenommen, da - wie auch bei Vigilanzstörungen - auf die Pflicht zur kritischen Selbstprüfung verwiesen wird. Betont wird aber dennoch, dass die Teilnehmer des motorisierten Straßenverkehrs auch bei den im speziellen Teil aufgeführten Leiden stets die Hauptverantwortung tragen (s. auch Abschnitt 2.2.2). Nur für den Fall, dass der Verkehrsteilnehmer selbst die Relevanz seiner Beeinträchtigungen im Hinblick auf seine Fahrleistung nicht (mehr) erkennen kann oder will, sollen diese Begutachtungs-Leitlinien dem Gutachter als Entscheidungshilfe dienen.

Durch die Auflistung eignungs ausschließender und eignungseinschränkender körperlich-geistiger und charakterlicher Mängel, dienen die Begutachtungs-Leitlinien insgesamt eher dazu, Nicht-Eignung auszuschließen als Eignung festzustellen. So geht man davon aus, dass

„... ein Betroffener ein Kraftfahrzeug nur dann nicht sicher führen kann, wenn aufgrund des individuellen körperlich-geistigen (psychischen) Zustands beim Führen eines Kraftfahrzeugs eine Verkehrsgefährdung zu erwarten ist. Für die gerechtfertigte Annahme einer Verkehrsgefährdung ... muss die nahe, durch Tatsachen begründete Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Schädigungsereignisses gegeben sein.

... Gefährdungssachverhalt ... ist dann gegeben, wenn

- a. von einem Kraftfahrer nach dem Grad der festgestellten Beeinträchtigung der körperlich-geistigen (psychischen) Leistungsfähigkeit zu erwarten ist, dass die Anforderungen beim Führen eines Kraftfahrzeugs, zu denen ein stabiles Leistungsniveau und die Beherrschung von Belastungssituationen gehören, nicht mehr bewältigt werden können oder
- b. von einem Kraftfahrer in einem absehbaren Zeitraum die Gefahr des plötzlichen Versagens der körperlich-geistigen (psychischen) Leistungsfähigkeit (z.B. hirnorganische Anfälle, apoplektische Insulte, anfallsartige Schwindelzustände und Schockzustände, Bewusstseinstörungen oder Bewusstseinsverlust o.ä.) zu erwarten ist
- c. wegen sicherheitswidrigen Einstellungen, mangelnder Einsicht oder Persönlichkeitsmängeln keine Gewähr dafür gegeben ist, dass der Fahrer sich regelkonform und sicherheitsgerecht verhält.

(BASt, 2000, S. 13)

Dass trotz aller Sorgfalt nach einer positiven Begutachtung ein Schädigungsereignis nicht völlig auszuschließen ist, wird dabei hingenommen. Die Möglichkeit einer Kompensation von Eignungsmängeln wird als erwiesen deklariert. Der Gutachter muss diese Frage beim jeweiligen Einzelfall stets prüfen.

Im Hinblick auf die psychische Leistungsfähigkeit werden analog zur Anlage 5 FeV Mindestanforderungen an die

- Orientierungsleistung,
- Konzentrationsfähigkeit,
- Aufmerksamkeit,
- Reaktionsfähigkeit und
- Belastbarkeit

gestellt. Diese Anforderungen sollen mit „geeigneten, objektivierbaren psychologischen Testverfahren“ (BASt, 2000, S. 16) überprüft werden, welche wiederum nach dem Stand der Wissenschaft standardisiert und unter Aspekten der Verkehrssicherheit validiert sein müssen (Anlage 5 FeV). Entsprechende Verfahren und Testsysteme, anhand derer diese Merkmale erfasst werden, stehen zwar durchaus zur Verfügung (z.B. Act-React-Testsystem oder Wiener Testsystem), problematisch zu bewerten ist allerdings, dass die genannten Merkmalsdimensionen nicht neueren kognitiven Modellen entsprechen und auch keine Operationalisierung der Begriffe vorgenommen wird (vgl. Golz, Huchler, Jörg & Küst, 2004). In den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000, S. 16) und dem zugehörigen Kommentar (Schubert et al., 2005) werden die genannten Leistungsgebiete zwar konkretisiert bzw. ausführlich erläutert, Golz et al. (2004) kritisieren aber dennoch die mangelnde Entsprechung zu neuropsychologischen Funktionen.

„Nicht-Eignung“ für die Gruppe 1 der Fahrerlaubnisklassen (A, A1, B, BE, M, L, T) wird in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) als ausgeschlossen angesehen, wenn in allen untersuchten Parametern der jeweiligen Testbatterie mindestens ein Prozentrang von 16 erreicht wurde. Ein Unterschreiten kann dann akzeptiert werden, wenn

- dieses situational attribuiert werden kann (z.B. Unausgeruhtsein nach Nacharbeit) oder
- keine Mängelkumulation vorliegt (d.h. vereinzelte Unterschreitungen guten Leistungen in anderen Verfahren gegenüberstehen),
- die Leistungsbeeinträchtigungen nachweislich (Ergebnisse aus Verhaltensbeobachtung, Ergänzungsverfahren oder Wiederholungsuntersuchungen) durch ein verantwortungsbewusstes Verhalten und eine sicherheitsbetonte Einstellung kompensiert werden können,
- sich die Person bisher in der Fahrpraxis bewährt hat und in einer Fahrverhaltensprobe eine zufriedenstellende Leistung erbrachte oder
- keine Hinweise auf verkehrsmedizinisch relevante Eignungsmängel vorliegen.

Hier wird auch auf die Möglichkeit einer bedingten Fahreignung hingewiesen. Von einer solchen wird dann ausgegangen, wenn „zwar gravierende Beeinträchtigungen bestehen, aber das Risiko durch geeignete Auflagen und Beschränkungen auf ein vertretbares Maß zu reduzieren ist“ (BASt, 2000). In diesem Falle sind Auflagen oder Beschränkungen der Fahrerlaubnis gemäß §46 und §23 FeV als sinnvolle Maßnahmen zu erwägen. Als geeignete Auflagen und Beschränkungen sind beispielhaft die Einhaltung einer Höchstgeschwindigkeit, das Fahren nur innerhalb festgelegter Lenkzeiten oder innerhalb eines begrenzten Umkreises, das Fahren bestimmter Fahrzeuge (z.B. nur mit Automatik-Getriebe) oder das Tragen einer Sehhilfe aufzuführen.

Für eine Fahrerlaubnis der Gruppe 2 (C, C1, CE, C1E, D, D1, DE, D1E) sind die Anforderungen ähnlich, aber insgesamt deutlich strenger definiert. So muss in der Mehrzahl der eingesetzten Leistungstests ein Prozentrang von 33, ein Prozentrang von 16 in den relevanten Verfahren aber ausnahmslos erreicht sein. Nur im Falle von Kompensationsmöglichkeiten und wenn eine Mängelkumulation ausgeschlossen werden kann, sind schlechtere Leistungen zu tolerieren. Auch hier besteht die Möglichkeit, eventuelle Zweifel durch eine Fahrverhaltensprobe auszuräumen.

Die genannten Prozentranggrenzen werden von verschiedenen Autoren kritisiert, da sie willkürlich festgelegt seien und ihre Gültigkeit im Hinblick auf die Fahreignung noch nicht empirisch bewiesen sei (vgl. Hartje, 2004 oder Golz et al., 2004).

Dadurch dass der Kompensation als „Behebung oder Ausgleich von Leistungsmängeln oder Funktionsausfällen bzw. fahreignungsrelevanten Defiziten durch andere Funktionssysteme“ (BASt, 2000) in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung eine zentrale Bedeutung beigemessen wird, sollten diese Prozentranggrenzen allerdings auch nicht überbewertet werden. Vorausgesetzt werden aber in jedem Fall

- eine ausreichende intellektuelle Leistungsfähigkeit (als Voraussetzung für ein vorausschauendes Fahren und das rechtzeitige Erkennen von Gefahrensituationen),
- mindestens normgerechte körperliche und v.a. sinnesphysiologische Voraussetzungen,
- Erfahrung beim Führen von Kraftfahrzeugen sowie
- eine sicherheits- und verantwortungsbewusste Grundeinstellung, so dass von einem adäquaten Maß an Selbstkritik und einer entsprechenden Umsetzung im Fahrverhalten ausgegangen werden kann.

Insgesamt nimmt man an, dass die Möglichkeit der Kompensation mit zunehmenden Leistungsdefiziten und bei mehreren, verschiedenen Beeinträchtigungen (i. S. einer Mängelkumulation) abnimmt. Im Falle einer ständig erforderlichen Kompensation wird allenfalls von einer bedingten Fahreignung ausgegangen. Als Möglichkeiten der Kompensation werden neben technischen (z.B. Umbau des Fahrzeugs) und medikamentösen Maßnahmen (die allerdings aufgrund von Nebenwirkungen wiederum selbst leistungsbeeinträchtigend wirken können) auch besondere psychische Qualitäten i.S. eines freiwilligen Einsatzes von kompensatorischen Strategien im Fahrverhalten (z.B. Vermeidung von Nachtfahrten) genannt. In diesem Zusammenhang werden jedoch meist ziemlich schwammige und kaum operationalisierte Begrifflichkeiten genannt. So fallen in den Begutachtungs-Leitlinien Ausdrücke wie „Umsicht“, „Gewissenhaftigkeit“, „kritische Selbstreflexion“, „Selbstkontrolle“, „Selbstbeobachtung“ und „Compliance“. In der Anlage 4 der FeV werden „besondere menschliche Veranlagung“, „Gewöhnung“, „besondere Einstellung“, „besondere Verhaltenssteuerung“ sowie „besondere Verhaltensumstellungen“ als Kompensationsfaktoren genannt. So soll geprüft werden, ob diese Merkmale in ausreichendem Maße vorliegen. Im Kommentar zu den Begutachtungs-Leitlinien konkretisiert Winkler (2005) den Terminus Kompensation, indem er folgende Fragen formuliert, die im Rahmen der Begutachtung zu klären sind:

- Besitzt der Untersuchte ausreichendes Wissen über die bei ihm vorliegenden Erkrankungen und Mängel?
- Verfügt er über genügend Informationen hinsichtlich ihrer Ursachen und möglichen Auswirkungen beim Führen von Kraftfahrzeugen?
- Kennt er die für seine eignungsbeschränkende Befunde relevanten Kompensationsstrategien?

- Besitzt er genügend Intelligenz und eine ausreichende Zuverlässigkeit sowie entsprechende Fähigkeiten zur Selbstbeobachtung und Selbstkritik, um rechtzeitig eintretende Defizite der Fahreignung zu erkennen und angemessen darauf zu reagieren?
- Hat er die bisherigen Fehlverhaltensweisen im Straßenverkehr aufgearbeitet, ihre Ursachen erkannt und angemessene Vermeidungsstrategien entwickelt und erprobt?
- Wird er zuverlässig erforderliche Auflagen und Beschränkungen der Fahrerlaubnis beachten? (Bode & Winkler, 2000, zitiert nach Winkler, 2005, S. 66f).

Diese Fragen können im Rahmen der Exploration, durch Verhaltensbeobachtung und auch mit Hilfe standardisierter Persönlichkeitsverfahren geklärt werden. Sicher bleibt dem Gutachter dabei aber kein geringer Ermessensspielraum. Zudem kann durch diese Datenquellen nur schwer abgeschätzt werden, ob Kompensationsstrategien auch *effizient* eingesetzt werden, also Beeinträchtigungen tatsächlich erfolgreich kompensiert werden (können). Im Rahmen von Fahrverhaltensbeobachtungen indiziert eine gute Leistung vor dem Hintergrund unterdurchschnittlicher Testleistungen zwar eine erfolgreiche Kompensation, direkt erfasst wird sie so aber ebenfalls nicht (s. dazu auch Abschnitt 2.3.3).

Abschließend lässt sich festhalten, dass der Gesetzgeber das Recht auf Mobilität, als Ausdruck der freien Entfaltung der Persönlichkeit (Artikel 2, Abs. 1 Grundgesetz, GG) jedem Bürger soweit möglich und demnach auch bei Krankheit zuerkennen möchte. Eine Verweigerung ist nur dann gerechtfertigt, wenn dadurch das übergeordnete Ziel der Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit gefährdet wird (vgl. Buchardt et al., 2005).

Da es ein konkret operationalisierbares Kriterium, anhand dessen sich Fahreignung *messen* oder *quantifizieren* lässt, nicht gibt, wird der Begriff „Fahreignung“ von der Gesetzgebung als *unbestimmter Rechtsbegriff* gehandhabt. Man versucht nicht, Eignung festzustellen, sondern Nichteignung auszuschließen. So wurden in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung (BASt, 2000) eignungs einschränkende und -ausschließende Leistungsmängel sowie die Anforderungen an die psychische Leistungsfähigkeit relativ konkret definiert (auch wenn Letztere in der Neuropsychologie so keine Anwendung finden). Nicht geeignete Personen sollen vom motorisierten Straßenverkehr ausgeschlossen werden, „nicht ungeeignete“ bzw. bedingt geeignete Personen sollen aber am öffentlichen Verkehr teilnehmen können. Ein wesentliches Ziel dabei ist, dem Einzelfall gerecht zu werden. Die Möglichkeit einer Kompensation von erkrankungskorrelierten Leistungsmängeln wird als erwiesen und im Hinblick auf die individuelle Fahreignung als wesentlich angesehen. Kritischerweise verbirgt sich hinter dem Begriff der „Kompensation“ aber kaum mehr als ein theoretisches Konstrukt, das bisher nicht konkret operationalisiert wurde. Die Möglichkeit einer Förderung oder eines Trainings von Kompensationsfähigkeit wird in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung (BASt, 2000) nicht thematisiert - was dieser zumindest implizit unterstellt, ein eher invariables und stabiles Merkmal zu sein.

## 2.2.2 Verantwortlichkeiten bei der Beurteilung der Fahreignung

Grundsätzlich verletzt die Verkehrsbehörde ihre Amtspflicht, wenn sie einer Person die Fahrerlaubnis trotz bekannter Eignungsbedenken erteilt oder dieselbe nicht entzieht, wenn entsprechende Bedenken bekannt werden. Gegebenenfalls muss der jeweilige Sachbearbeiter für einen nachfolgenden Unfall auch mithaftend (vgl. Mönning, Sabel & Richter, 1997).

Die Hauptverantwortung liegt aber beim Verkehrsteilnehmer selbst. Im Falle eines Verkehrsunfalls oder eines gefährdenden Verhaltens gegenüber anderen drohen ihm strafrechtliche

Konsequenzen, auch wenn er um seine Fahruntauglichkeit nicht wusste, sie aber hätte erkennen können (Gefährdung des Straßenverkehrs §315c Strafgesetzbuch, StGB). So ist jeder Verkehrsteilnehmer stets dazu verpflichtet, seine Fahrtauglichkeit selbst zu überprüfen bzw. ggf. durch eine ärztliche oder psychologische Untersuchung überprüfen zu lassen.

Der Therapeut ist nicht zur Meldung seines Patienten verpflichtet, aber als ultima ratio dazu berechtigt. Aufgrund seiner Sorgfalts- und Fürsorgepflicht muss er einen als fahruntauglich erachteten Patienten allerdings aufklären und davor warnen, ein Fahrzeug zu führen. Dieses aufklärende Gespräch sollte sich der Therapeut in jedem Fall schriftlich bestätigen lassen. Eine zivil- oder strafrechtliche Haftungspflicht seinerseits besteht nämlich nur dann, wenn er dem Patienten aufgrund einer (vermeidbaren) Fehlbeurteilung Fahrtauglichkeit attestiert oder ihn auf seine Fahruntauglichkeit nicht oder nicht hinreichend deutlich hinweist. (vgl. Mönning, 1997)

Die rechtlichen Bestimmungen zur Überprüfung der Fahreignung werden erst dann wirksam, wenn die Verkehrsbehörde einen Patienten bzw. Fahrerlaubnis-Inhaber (oder -Bewerber) zu einem ärztlichen oder medizinisch-psychologischen Gutachten auffordert. Anlass hierfür ist meistens §11 Abs. 2 FeV, also „bekannt gewordene Tatsachen, welche Bedenken gegen die körperliche oder geistige Eignung des Patienten begründen“ (s. Abschnitt 2.2.1). Allerdings hat ausschließlich der Klient Anspruch auf die Aushändigung des Gutachtens, und nur mit seiner ausdrücklichen Zustimmung darf es an die Behörden oder an Dritte weiter geleitet werden (BASt, 2000).

Schließlich ist die Stellung des Gutachters gegenüber den Behörden und dem Gericht nur eine beratende. So ist er nicht berechtigt, über die Frage der Eignung zu entscheiden bzw. eine rechtlich verbindliche Aussage über die künftige Teilnahme am Straßenverkehr zu treffen. Aus seinem Gutachten sollen aber die rechtlichen Folgerungen der Verwaltungsbehörden und Gerichte abgeleitet werden können.

Eignungsbegutachtungen nach §11 FeV werden durch Begutachtungsstellen durchgeführt, die einer amtlichen Anerkennung bedürfen, welche wiederum eine Akkreditierung durch die BASt voraussetzt. In der FeV sind die wesentlichen Anforderungen an die Begutachtungsstellen und die Gutachter (Anlage 14), an die Durchführung der Untersuchung und die Erstellung der Gutachten (Anlage 15) niedergelegt.

Im Falle von (neurologischen) Erkrankungen kann eine Untersuchung aber auch durch Psychologen in Rehabilitations-Kliniken und nicht im Rahmen einer amtlich oder gerichtlich veranlassten Begutachtung erfolgen (vgl. Burgard, Sick, Hippel & Kiss, 2004).

### **2.3 Diagnostische Methoden der Fahreignungsbegutachtung**

Die medizinische Untersuchung und die psychologische Exploration mit den dazugehörigen Testverfahren sind die Hauptmethoden der Fahreignungsdiagnostik. Sprecher et al. (in Vorbereitung) bezeichnen die Ermittlung von Leistungsfähigkeit und Kompensationsvermögen als Domäne des psychologischen Untersuchungsteils, während sie die Klärung des Vorliegens von körperlichen Grunderkrankungen, die das Leistungsvermögen nachhaltig beeinträchtigen, als Aufgabe des Mediziners ansehen.

Die medizinische Untersuchung soll keine prognostische Aussage machen, sondern lediglich den aktuellen Gesundheitsstatus feststellen. Es gilt also, zu erfassen, ob Krankheiten oder Störungen vorliegen, die mit den Eignungszweifeln der Behörde im Zusammenhang stehen. Bei neurologischen Erkrankungen geht es v.a. darum, das Ausmaß einer Beeinträchtigung festzustellen, aber auch um die Frage, ob entsprechende Möglichkeiten zur Kompensation bestehen.

„In diesen und ähnlich gelagerten Fällen stößt der medizinische Gutachter für sich alleine jedoch oft an seine Grenzen“ (Sprecher et al., in Vorbereitung). Unterstützend kann hier eine Unbedenklichkeitsbescheinigung des jeweiligen Spezialisten angefordert werden.

Der konkrete Ablauf einer medizinischen Untersuchung im Rahmen einer Fahreignungsbeurteilung ist natürlich stark abhängig von der jeweiligen Fragestellung. Dennoch besteht die eigentliche Untersuchung immer aus einem Kernprogramm (u.a. Analyse der Führerscheinkarte, ärztliche Befragung zum Gesundheitszustand und zur Krankheitsvorgeschichte, körperliche Untersuchung mit Sehtest, Prüfung psychischer Grundfunktionen) und anlassbezogenen Zusatzuntersuchungen (z.B. Urinprobe bei Drogenfragestellung) (s. dazu Sprecher et al., in Vorbereitung).

Die psychologische Exploration nimmt in Deutschland eine bedeutende Rolle ein. Eine umfassende Leistungstestung erfolgt nur, wenn eine beeinträchtigte Leistungsfähigkeit konkret vermutet wird. Dennoch soll auf die psychologischen Testverfahren im Folgenden ausführlicher eingegangen werden, da diese in der empirischen Forschung zur Fahrtauglichkeit die am häufigsten eingesetzten Verfahren darstellen und auch im Rahmen der später beschriebenen Fall-Kontroll-Studie zur Anwendung kamen. Ein umfassender Überblick zum Gegenstand, den methodischen Anforderungen und den Beurteilungskriterien der Exploration findet sich bei Bukasa und Utzelmann (in Vorbereitung).

### **2.3.1 Kraftfahrerspezifische Persönlichkeitstests**

Zu den psychologischen Testverfahren der Fahreignungsdiagnostik zählen neben den psychometrischen Leistungstests und der Fahrverhaltensprobe auch kraftfahrerspezifische Persönlichkeitstests. Durch Letztere sollen für den Straßenverkehr relevante Persönlichkeitseigenschaften (wie z.B. unkritische Selbstwahrnehmung oder Risikobereitschaft) erfasst werden. Sie zählen in Österreich und der Schweiz zu den Standardmethoden der Fahreignungsdiagnostik. In Deutschland hingegen werden sie, u.a. aufgrund ihrer Anfälligkeit bzgl. Effekten der sozialen Erwünschtheit, nicht konsistent eingesetzt.

Grundsätzlich sollten solche Verfahren nur dann in der Fahreignungsdiagnostik angewandt werden, wenn sie in einer vergleichbaren Situation konstruiert und erprobt wurden. Darüber hinaus sollte ein theoretisch begründeter Zusammenhang zwischen den Fragebogendimensionen und dem Fahrverhalten bestehen, wobei die Dimensionalität an zwei unabhängigen, für die Zielgruppe repräsentativen Stichproben mit verschiedenen Methoden überprüft sein sollte. Schließlich ist vorauszusetzen, dass die Items verständlich formuliert wurden, der Einfluss sozialer Erwünschtheit kontrolliert wird und Vorkehrungen im Hinblick auf „Response-Sets“ getroffen wurden (vgl. Bukasa & Utzelmann, in Vorbereitung).

Persönlichkeitstests, die diese Voraussetzungen erfüllen, als validiert gelten und in Deutschland eingesetzt werden, sind

- der Verkehrsbezogene Persönlichkeitstest VPT.2 (Hutter, Bukasa, Wenninger & Brandstätter, 1997),
- der Verkehrsspezifische Item-Pool VIP (Schmidt & Piringer, 1986),
- der Fragebogen für Risikobereitschaftsfaktoren FRF (Schmidt & Piringer, 1986) und
- das Testverfahren für alkoholauffällige Kraftfahrer TAAK (Hutter et al., 2000).

In entsprechenden Validierungsstudien, in denen Daten aus Exploration und Anamnese als Außenkriterium herangezogen wurden, konnten für die genannten Verfahren bedeutsame Zusammenhänge zum Untersuchungsanlass, zur Einstellung gegenüber Vorfällen in der Fahr-

vorgeschichte, zur Deliktbelastung außerhalb des Straßenverkehrs und zum Konsum von Alkohol, Drogen und Medikamenten nachgewiesen werden (Bukasa, 1993; Hutter, 1995, 1999, 2001; Hutter & Brandstätter, 1996; Hutter et al., 2000; Hutter, Bukasa, Wenninger & Brandstätter, 1997; jeweils zitiert nach Bukasa & Utzelmann, in Vorbereitung). Insbesondere für Dimensionen wie „Emotionales Fahren“ oder „Aggressive Interaktion“ konnten aber auch bedeutsame Zusammenhänge zum Fahrverhalten nachgewiesen werden (Schmidt & Piringer, 1986).

Zu beachten ist, dass solche Persönlichkeitsverfahren nur dann sinnvoll zu interpretieren sind, wenn entsprechende Kontrollskalen (wie die Orientierung an sozialer Erwünschtheit im VIP oder die Offenheit der Selbstbeschreibung im VPT.2) indizieren, dass es sich insgesamt um sinnvolle bzw. ehrliche Angaben handelt. In diesem Fall können Vergleiche mit entsprechenden Normstichproben aber durchaus wichtige und relevante Informationen für die jeweilige Fragestellung liefern.

Der VPT.2, der VIP und der FRF wurden auch im Rahmen der später beschriebenen Fall-Kontroll-Studie eingesetzt, so dass auf diese Verfahren an anderer Stelle noch genauer eingegangen werden soll (s. Abschnitt 8.6).

### 2.3.2 Kraftfahrerspezifische Leistungstests

Während bei einer Fahrverhaltensprobe das tatsächliche Fahrverhalten beobachtet wird, sollen durch standardisierte Leistungstests verschiedene fahrrelevante Leistungsfunktionen möglichst getrennt erfasst werden. Zwar ist eine völlig isolierte Messung der einzelnen Funktionen nicht möglich, da natürlich alle Verfahren Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Verarbeitung und Reaktionen erfordern, entsprechende Tests werden aber so konstruiert, dass „die als wesentlich erkannten kraftfahrerspezifischen Leistungsanforderungen jeweils spezifisch in den Vordergrund gestellt werden, während Anforderungen an die anderen Funktionen zurücktreten“ (Bukasa & Utzelmann, in Vorbereitung). Aus dem resultierenden Leistungsprofil in einer solchen Testbatterie sollen dann Aussagen über das tatsächliche Fahrverhalten getroffen werden. Dazu müssen im Wesentlichen drei Voraussetzungen erfüllt sein:

- (1) Fahrrelevante Funktionsbereiche müssen klar definiert und operationalisiert sein.
- (2) Zur Erfassung dieser Leistungsfunktionen müssen objektive und reliable Instrumente vorliegen.
- (3) Die so erfassten Leistungsdaten müssen mit dem tatsächlichen Fahrverhalten korrelieren, also valide sein.

Mit der Frage nach fahrrelevanten Funktionsbereichen hat man sich schon in den Anfängen der Verkehrspsychologie beschäftigt. Aber auch aus der Gerontologie und der Neuropsychologie stammen hierzu zahlreiche Untersuchungen. Daher finden sich auch - je nach Perspektive - unterschiedliche Bezeichnungen und Klassifikationen von kraftfahrerspezifischen Leistungsbereichen. Burgard (2005) stellt dazu beispielhaft die eher gerontologisch begründete Zusammenstellung von Kaiser und Oswald (2000) der Darstellung von Karner und Biehl (2001) gegenüber, die sich an der verkehrspsychologischen Fahreignungsdiagnostik orientierten. So führen Erstere die Bereiche Wahrnehmung, Psychomotorik (i.S. von Reaktionszeiten), Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, Vigilanz und Persönlichkeit an, Letztere die Dimensionen Belastbarkeit, Reaktionsfähigkeit, Aufmerksamkeit, Orientierung, Konzentration, Koordination, Gesichtsfeld und das Abschätzen von Distanzen. Aber auch innerhalb der Verkehrspsychologie weichen die verschiedenen Klassifikationen und Begrifflichkeiten vonein-

ander ab. So sind laut Bukasa und Utzelmann (in Vorbereitung) visuelle Wahrnehmung und Orientierung, Konzentration und Aufmerksamkeit, Reaktionsverhalten und reaktive Belastbarkeit, sensomotorische Koordination, Intelligenz und Erinnerungsvermögen grundlegend für das Fahrverhalten. Insgesamt enthalten aber beide verkehrspsychologischen Ansätze alle Bereiche, an welche die Anlage 5 FeV im Hinblick auf die Fahreignung Mindestanforderungen stellt, also optische Orientierung, Konzentrationsfähigkeit, Aufmerksamkeit, Reaktionsfähigkeit und Belastbarkeit (s. Abschnitt 2.2). Dass diese Merkmalsdimensionen in der Anlage 5 FeV verwendet werden, heißt allerdings nicht, dass diese auch als allgemeingültig akzeptiert werden. Wie bereits in Abschnitt 2.2 erläutert, kritisieren Golz et al. (2004) die mangelnde Entsprechung zu neueren kognitiven Modellen und neuropsychologischen Funktionen ebenso wie die fehlende Operationalisierung.

Der Forderung in der FeV, dass „die zur Untersuchung dieser Merkmale eingesetzten Verfahren nach dem Stand der Wissenschaft standardisiert und unter Aspekten der Verkehrssicherheit validiert sein müssen“ (Anlage 5), wurde man durch speziell entwickelte Testverfahren gerecht, die mittlerweile fast ausschließlich über Computersysteme dargeboten werden, was ein hohes Maß an Standardisierung und Objektivität bei Durchführung und Auswertung gewährleistet. Zu dem am häufigsten eingesetzten Verfahren zählen

- das Act-React-Testsystem (ART) des Kuratoriums für Verkehrssicherheit,
- das Wiener Testsystem (WTS) der Dr. Schuhfried GmbH und
- das Testverfahren „Corporal“ (Berg, 1997; Berg & Schubert, 1999).

Ersteres wurde auch in der später dargestellten Fall-Kontroll-Studie eingesetzt. Es soll daher - ebenso wie die ausgewählten Testverfahren - im Rahmen der Versuchsbeschreibung und Ergebnisdarstellung noch detaillierter beschrieben werden (s. Abschnitt 8.6).

Karner und Biehl (2001) berichten zwar zufriedenstellende Befunde zu einem Vergleich zwischen Wiener Testsystem und ART. Golz et al. (2004) stellen hingegen fest, dass die laut Anlage 5 FeV zu untersuchenden Merkmalsdimensionen mangels einheitlicher Operationalisierung in den verschiedenen Testsystemen unterschiedlich ausgelegt werden. Beispielhaft führen sie an, dass die Dimension „Optische Orientierung“ im Wiener Testsystem durch den Linienverfolgungstest (LVT), in der Kurzform der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAPK) von Zimmermann und Fimm (1999, zitiert nach Golz et al., 2004) aber durch den Untertest Visuelles Scanning untersucht wird, also durch Tests, die auf unterschiedlichen theoretischen Konzepten und Operationalisierungen beruhen. Die Autoren empfehlen daher, die Anlage 5 zu überarbeiten, indem die Begriffe klarer definiert werden. Allerdings sollte man hier ergänzend festhalten, dass die TAPK nicht im Kommentar zu den Begutachtungs-Leitlinien aufgeführt ist (s. Schubert et al., 2005) und die optische Orientierung auch im ART durch einen dem LVT inhaltlich sehr ähnlichen Linienlabyrinth-Test (LL5) untersucht wird. Insgesamt ist bei Schubert et al. (2005) ersichtlich, dass sich zumindest die am ART und am WTS dargebotenen Verfahren sehr gut entsprechen.

Trotz dieser Kritikpunkte gilt die Aussagekraft der Testverfahren aufgrund von Validierungsstudien als gesichert.

Schwierig bei solchen Validierungsstudien ist die Wahl eines angemessenen Außenkriteriums. Anhand von Verkehrsunfällen kann man zwar im Rahmen von epidemiologischen Analysen sehr gut Risikogruppen mit einer erhöhten Unfallbelastung identifizieren oder Unfallrisiken berechnen, als Außenkriterium sind sie aber schon allein aufgrund ihres sehr selten Auftretens als problematisch anzusehen. Darüber hinaus sind sie nicht grundsätzlich durch stabile, internale Dispositionen des Verursachers bedingt, sondern meist sehr stark von situationalen Zufallsbedingungen abhängig. Insgesamt stellen also Verkehrsunfälle weder ein notwendiges noch ein hinreichendes Kriterium für ein sicheres oder unsicheres Fahrverhalten dar.

Schon seit den 70er Jahren werden daher Fahrverhaltensproben bzw. das dadurch erfasste Fahrverhalten in negativer Ausprägung als Außenkriterium herangezogen, indem entsprechende Erhebungsinstrumente für definierte Strecken entwickelt wurden. Zu den bekanntesten Verfahren im deutschsprachigen Raum zählen hier der Kölner-Fahrverhaltenstest (Kroj & Pfeiffer, 1973) und die Wiener Fahrprobe (Risser & Brandstätter, 1985) (s. dazu auch Abschnitt 2.3.3).

In solchen Validierungsstudien absolviert eine repräsentative Stichprobe des Begutachtungsklientels (in der Ernstsituation) zum einen die jeweilige verkehrspsychologische Testbatterie und zum anderen eine Fahrverhaltensprobe. Bukasa und Utzelmann (in Vorbereitung) geben eine Zusammenfassung über die Befunde neuerer Validierungsstudien zum Act-React-Testsystem, die nach diesem Konzept durchgeführt wurden (Bukasa, 1993, 1999; Bukasa & Piringer, 2001; Bukasa, Wenninger & Brandstätter, 1990; Christ, Ponocny-Seliger, Smuc & Wenninger, 2003; jeweils zitiert nach Bukasa & Utzelmann, in Vorbereitung).

Demnach ließen sich sowohl auf uni- als auch auf multivariater Ebene signifikante Korrelationen zwischen den Leistungstests und verschiedenen Fahrverhaltenskriterien (bestimmte Fehlerarten oder die Gesamtfehlerzahl) bestätigen. Die Zusammenhänge fielen dabei jeweils in die erwartete Richtung und bis zu einer Höhe von etwa  $r=.40$  aus, wobei die Testleistung insgesamt 67% der Varianz der Fahrfehler erklärte (auch nach einer Bereinigung um Alterseffekte). Ebenso zeigte sich, dass sich Personen mit Testleistungen unterhalb der (in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung der BAST, 2000, genannten kritischen) Prozentränge 16 und 33 durch eine überdurchschnittlich hohe Anzahl von Fehlern in der Fahrverhaltensprobe auszeichneten. Schließlich unterstützen auch Extrem-Gruppen-Vergleiche die Validität der Leistungstests. Beispielsweise schnitten (mehrmalige) Prüfungsversager bei den Tests deutlich schlechter ab als Bewerber um eine erhöhte Lenkverantwortung.

Insgesamt sprechen diese Studien also für eine ausreichende Validität der angewandten Testverfahren.

Wie bereits erläutert, wird die Leistung eines Klienten bei diesen Verfahren im Wesentlichen durch Prozentränge - bezogen auf eine Normstichprobe - bewertet, wobei aber auch die individuellen Verlaufscharakteristika, Fehlerhäufungen und Besonderheiten im Bearbeitungsstil (Geschwindigkeit und Genauigkeit) in die Bewertung mit einzubeziehen sind. Als Voraussetzungen für die Normstichprobe nennen Bukasa und Utzelmann (in Vorbereitung):

- Die untersuchten Personen müssen aktive Fahrer sein.
- Da die Motivation bei einer freiwilligen Teilnahme und in der Ernstsituation nicht vergleichbar ist und zu deutlichen Leistungsunterschieden führen kann (vgl. Bukasa, Wenninger & Brandstätter, 1990, zitiert nach Bukasa & Utzelmann, in Vorbereitung), muss die Untersuchung in der Ernstsituation stattfinden.
- Aufgrund der enormen Heterogenität der Kraftfahrerpopulation sollte die Stichprobengröße mehrere tausend Personen betragen (zum Vergleich: die Normstichprobe bei den am ART eingesetzten Verfahren umfasst - je nach Verfahren - bis zu 47 000 Personen).
- Dies gilt auch für den Vergleich mit Subgruppen der Normstichprobe (zum Vergleich: Beim ART wird ab einem Alter von 50 Jahren standardmäßig auch der Prozentrang im Vergleich zur Subgruppe der 50+-jährigen ausgegeben. Diese umfasste 2001 bei den meisten Verfahren etwa 4 000 Personen).

Brenner-Hartmann und Bukasa (2001) betonen aber - und dies entspricht auch den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung (BAST, 2000) - dass die Leistung von Senioren grundsätzlich anhand der altersunabhängigen Normen erfolgen sollte, „... da im Straßenver-

kehr Fahrer aller Altersgruppen die Anforderungen des Straßenverkehrs gleichermaßen bewältigen müssen“ (S. 5). Die altersabhängigen Normen sollen aber zusätzlich Informationen darüber liefern, ob die individuellen Leistungen ggf. auch im Vergleich zur jeweiligen Altersgruppe auffällig sind. Hier ist allerdings zu kritisieren, dass bisher kaum Normdaten für Hochbetagte zur Verfügung stehen. So umfasste z.B. die Normstichprobe der 65+-jährigen beim ART im Jahr 2001 nur etwa 600 Personen. Zudem werden ältere Testfahrer bei den Leistungstests auch systematisch dadurch benachteiligt, dass sie (zumindest noch) seltener über Computererfahrung verfügen, die bei der Bewältigung der Aufgaben sicher von Vorteil ist.

Vor allem aber weil der Kompensation von alterskorrelierten Beeinträchtigungen eine wesentliche Rolle zugeschrieben wird, zweifelt man die Aussagekraft von Leistungstests für das praktische Fahrverhalten von älteren Kraftfahrern zunehmend an. Zunächst scheint hier die Rechtfertigung zum Vergleich mit altersunabhängigen Normen fraglich, da ältere Fahrer durch kompensatorische Strategien auf die Bedingungen Einfluss nehmen können, die ihnen im Straßenverkehr begegnen (z.B. Vermeidung von Hauptverkehrszeiten), so dass sie eben nicht unbedingt die „Anforderungen des Straßenverkehrs gleichermaßen bewältigen müssen“ wie jüngere Fahrer. Hannens (1997) Aussage zu einer Studie von Mihal und Barret (1976, zitiert nach Hannen, 1997) verdeutlicht dies sehr gut: So hätten die genannten Autoren gezeigt, dass „... der effiziente Fahrer nicht derjenige ist, der schnell reagiert, sondern derjenige, der Situationen vermeidet, in denen nur seine schnelle Reaktion ihn vor einem Unfall bewahren kann“ (S. 23).

Darüber hinaus konnte beispielsweise Schlag (1994) in einer Untersuchungsreihe zum Fahrverhalten älterer Autofahrer nachweisen, dass diese trotz deutlich schlechterer Leistungen in psychophysischen Tests bei verschiedenen Fahraufgaben im Realverkehr größtenteils genauso gut abschnitten wie jüngere Personen. Ebenso ergab sich auch bei Burgard (2005), dass die testpsychologischen Daten v.a. bei Senioren schlechter ausfielen als die tatsächliche Fahrleistung in einer Fahrverhaltensprobe. Einigkeit herrscht aber diesbezüglich unter den verschiedenen Autoren nicht. So betonen Christ und Brandstätter (1997), dass verkehrspsychologische Tests gerade bei Senioren eine hohe Validität besitzen, da Fahrverhaltensvariablen und Testvariablen v.a. bei komplexen Anforderungen und einer Geschwindigkeitskomponente in zufriedenstellender Weise korrelieren.

Schließlich wird die Aussagekraft von Leistungstests auch bei neurologischen Erkrankungen zunehmend hinterfragt (vgl. z.B. Hartje, 2004), wobei auch hier Uneinigkeit zwischen den Autoren herrscht. So sprechen Brenner-Hartmann und Bukasa (2001) unter Bezugnahme auf eine Studie zur Fahreignung nach Hirnschädigung von Hannen, Hartje und Skreczek (1998, zitiert nach Brenner-Hartmann & Bukasa, 2001) von einer „durchaus zufriedenstellenden Vorhersagegenauigkeit“ (S. 3). Hartje (2004) selbst hingegen bezeichnet - ebenfalls unter Bezugnahme auf die genannte Studie - die diagnostische Validität von psychometrischen Tests für das tatsächliche Fahrverhalten hirngeschädigter Personen als „nicht befriedigend“ (S. 20), wobei auch mehrere andere Studien seine Aussage zu stützen scheinen (Niemann & Döhner, 1999, zitiert nach Hartje, 2004; oder auch Korteling & Kaptein, 1996; Mazer et al., 1998; van Zomeren et al., 1988; jeweils zitiert nach Wolbers, Küst, Karbe, Netz & Hömberg, 2001). Hartje (2004) stellt schließlich fest:

„In Anbetracht der zwar teilweise signifikanten, aber nur mäßig hohen Korrelationen mit den Merkmalen des praktischen Fahrverhaltens sollte man der Möglichkeit offen gegenüberstehen, dass die derzeit üblicherweise erhobenen Testleistungen die beim Fahren involvierten Prozesse doch nicht adäquat abbilden und dass sich die Frage, ob ein Fahrer oder eine Fahrerin über das vielbeschworene Mindestmaß an verkehrsrelevanter Reaktionsfähigkeit, Aufmerksamkeit oder visueller Auffassungsfähigkeit verfügt, derzeit besser durch die direkte Beobachtung des praktischen Fahrverhaltens klären lässt. Der hohe Geübtheitsgrad des Fahrens und die vielfältigen Kompensationsmöglichkeiten, ..., wie sie auch in den Begutachtungs-

Leitlinien zur Kraffahreignung angeführt werden, werden durch die Testdiagnostik offensichtlich noch nicht zuverlässig erfasst.“ (S. 21)

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die standardmäßig eingesetzten Testverfahren derzeit auch zur Diagnose der Fahreignung von Senioren und neurologischen Patienten einschlägig sind, selbst wenn

- die Leistungsfunktionen, die zu erfassen sie beanspruchen, nicht eindeutig definiert sind, nicht mit den Funktionsbereichen der Neuropsychologie übereinstimmen und
- die Validität dieser Tests speziell für die genannten Personengruppen zunehmend kontrovers diskutiert wird.

Da gerade bei diesem Klientel anzunehmen ist, dass kompensatorische Mechanismen im praktischen Fahrverhalten die Aussagekraft der Tests beeinflussen, erscheinen (ergänzende) Fahrverhaltensproben nahezu unverzichtbar.

### 2.3.3 Fahrverhaltensbeobachtung im Realverkehr

Fahrverhaltensproben geben einen direkten Einblick in die tatsächliche Fahrleistung und können somit Hinweise darüber liefern, ob gegebene funktionelle Leistungsbeeinträchtigungen im praktischen Fahrverhalten erfolgreich kompensiert werden. Darüber hinaus zeichnen sie sich im Vergleich zu den als „Idiotentest“ verschrienen Testbatterien durch eine ausgeprägte Augenscheinvalidität und somit auch durch eine hohe Akzeptanz unter den Klienten aus. Hannen (1997) liefert weitere Argumente für den Einsatz von Fahrverhaltensproben, indem er versucht, die Vorteile von Testbatterien (Objektivität, Ökonomie) zu entkräften. So äußert er, dass

- deren Objektivität zwar unbestritten, bei fraglicher Validität aber irrelevant sei,
- es sich bei der Kostenfrage um ein „Scheinargument“ handle und die Durchführung einer Testbatterie meist deutlich mehr Zeit in Anspruch nähme als eine Fahrprobe.

Barthelmess (1974) definiert eine Fahrprobe als Verfahren „... bei dem individuelles Fahrverhalten im realen Verkehr unter Einhaltung experimenteller oder quasi-experimenteller Bedingungen durch Mitfahrer mit dem Ziel beobachtet wird, diagnostische Schlüsse aus dieser Beobachtung zu ziehen“ (S. 46). Durch diese Definition werden aber unmittelbar auch die Grenzen von Fahrverhaltensproben ersichtlich, da sich die Kriterien „Untersuchung im realen Verkehr“ und „Einhaltung experimenteller Bedingungen“ eigentlich gegenseitig ausschließen. So wird eine Fahrverhaltensprobe im wirklichen Verkehr den Kriterien der klassischen Testtheorie und Testkonstruktion immer nur näherungsweise genügen, da die Anforderungen an die Kontrolle der Rahmenbedingungen nur teilweise erfüllt werden können. Eine Fahrt zu reproduzieren, d.h. für alle Fahrer identische Bedingungen (Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer, Umweltbedingungen) herzustellen, ist im Feldversuch nahezu unmöglich. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass gefährliche Situationen oder für bestimmte Beeinträchtigungen kritische Fahraufgaben nicht gezielt hergestellt werden können, so dass vorhandene Defizite, die nur unter bestimmten, ungünstigen Bedingungen evident werden, möglicherweise übersehen werden.

Da das Ziel einer Fahrverhaltensprobe darin besteht, solche Auffälligkeiten im Fahrverhalten des Klienten zu diagnostizieren bzw. auszuschließen, die nicht situational, sondern personal attribuiert werden müssen, sollte aber zumindest gewährleistet sein, dass die Fahraufgaben und Beobachtungsbedingungen *weitgehend* standardisiert werden.

Allerdings ergeben sich auch aus dieser Forderung Probleme, wie die Definition von „Standardsituationen“ und die Art der Verhaltensregistrierung. Da die Situationen, in denen das Fahrverhalten beobachtet wird, immer nur eine kleine Stichprobe der im Alltag möglichen Situationen darstellt, ist das Ergebnis einer Fahrverhaltensprobe natürlich stark davon abhängig, welche Situationen als „Standardsituationen“ in die Fahrprobe aufgenommen werden und wie schwierig die enthaltenen Fahraufgaben sind. Zudem ist entscheidend, welche Beobachtungsdimensionen zur Beurteilung des Fahrverhaltens herangezogen werden und wie man dieses protokolliert. Schließlich sind auch verschiedene pragmatische Aspekte (wie die Dauer der Fahrt oder die Anzahl der Beobachter) zu bedenken, welche das Ergebnis einer Fahrprobe ebenfalls erheblich beeinflussen können.

Die beiden bekanntesten und auch als valide geltenden Lösungsansätze im deutschsprachigen Raum, der Kölner Fahrverhaltenstest (Kroj & Pfeiffer, 1973) und die Wiener Fahrprobe (Risser & Brandstätter, 1985), erreichen ein hohes Maß an Standardisierung, indem festgelegte Strecken (in Köln bzw. Wien) mit genau definierten Beobachtungspunkten bzw. Verhaltenssequenzen bestimmt wurden. Zur Verhaltensregistrierung stehen jeweils detaillierte Protokollbögen zur Verfügung. Bei beiden Verfahren erfolgt die Beschreibung des Fahrverhaltens durch eine Merkmalsregistrierung, wobei in der Wiener Fahrprobe zusätzlich Fehler gezählt werden.

Prinzipiell setzt eine Fahrverhaltensbeobachtung aber keine festgelegten Strecken voraus. Die Strecke, die Zusammensetzung des Verkehrs und die zu bewältigenden Fahraufgaben können auch durch vom Ort der Durchführung unabhängige Vorgaben (wie Mindesthäufigkeiten von bestimmten Fahraufgaben) vergleichbar gehalten werden. So ist z.B. auch der Kölner Fahrverhaltenstest anhand eines Situationsschlüssels auf andere Orte übertragbar.

In der Regel wird gefordert, dass die Strecke sowohl Stadt- und Landstraßen als auch Autobahnen umfasst, wobei eine repräsentative Auswahl an unterschiedlichen Fahraufgaben (wie Fahrspurwechsel oder Kreuzungen mit verschiedenen Vorfahrtsregelungen) mit durchschnittlichem Anforderungscharakter enthalten sein sollte (vgl. Barthelmess, 1974; Utzelmann & Brenner-Hartmann, 2005).

Wesentliche Unterschiede zwischen verschiedenen Verfahren der Fahrverhaltensbeobachtung können aber auch in der zugrunde liegenden Klassifikation von Verkehrssituationen bzw. Fahraufgaben und der Art der Verhaltensregistrierung liegen.

So finden sich in der Literatur zahlreiche Listen von Fahraufgaben oder Merkmalskalen (siehe z.B. bei Barthelmess, 1972, Hampel, Küppers, Utzelmann & Haas, 1982, oder Klebelsberg, Biehl, Fuhrmann & Seydel, 1970). Utzelmann und Brenner-Hartmann (2005) empfehlen als gut verwertbare Klassifikation von Verkehrssituationen das System nach Fastenmeier (1995, zitiert nach Utzelmann & Brenner-Hartmann, 2005).

Hinsichtlich der Verhaltensregistrierung unterscheiden sich die verschiedenen Verfahren hauptsächlich darin, wie eng sie sich an eindeutig beobachtbarem Verhalten orientieren. So kann das Fahrverhalten entweder frei, anhand von Rating-Skalen, itemgebunden oder durch Checklisten beschrieben werden.

Eine freie Beschreibung erfolgt per definitionem ohne Hilfe von Bewertungsbögen und ohne jegliche Quantifizierung von Daten. Bei einer Verwendung von Rating-Skalen wird das Fahrverhalten nach der Fahrt auf verschiedenen Verhaltensdimensionen (wie z.B. „Fahrzeugbeherrschung“) eingestuft. Im Hinblick auf eine maximale Standardisierung und Objektivität sind die itemgebundene Beschreibung oder Checklisten zu empfehlen. Bei Ersterer werden vorher genau definierte Verhaltensweisen während der Fahrt immer dann registriert, wenn sie auftreten, und bezogen auf die jeweilige Situation eingestuft. Durch Checklisten werden zuvor definierte Fehler gezählt. Allerdings sollten nicht nur Fehler, sondern auch Stärken und be-

sonders gute Leistungen sowie die Bedingungen für Fehlleistungen erfasst werden. In jedem Fall ist vorauszusetzen, dass die Beobachtungs- und Bewertungskategorien genau beschrieben werden.

Die Beobachtung sollte grundsätzlich speziell geschultem Fachpersonal bzw. Verkehrspsychologen vorbehalten sein und in Begleitung eines Fahrlehrers in einem Fahrschulwagen mit Doppelbedienung stattfinden (vgl. Utzelmann & Brenner-Hartmann, 2005).

Zur Fahrtdauer finden sich in der Literatur verschiedene Angaben. Während z.B. Barthelmess (1974) oder Golz et al. (2004) 70-90 bzw. 90 Minuten fordern, halten Schubert und Wagner (2003) sowie Utzelmann und Brenner-Hartmann (2005) 45 Minuten für ausreichend. In jedem Fall sollte eine Fahrt lange genug sein, um einen repräsentativen Eindruck über das Fahrverhalten eines Klienten gewinnen zu können, aber auch noch in einem zumutbaren Rahmen liegen.

Bei der Bewertung des Fahrverhaltens in einer Fahrverhaltensbeobachtung sollten bestimmte Bewertungsgrundsätze eingehalten werden (vgl. Utzelmann & Brenner-Hartmann, 2005). So ist als wesentliches Kriterium das Prinzip des angepassten Fahrens bzw. die Verkehrssicherheit im umfassenden Sinne heranzuziehen. Ein regelgetreues Verhalten ist demnach nicht ausreichend, es muss auch situationsangemessen und sozial angepasst sein. Um ein Verhalten als auffällig oder unauffällig bewerten zu können, bedarf es zudem nachvollziehbarer Bewertungsmaßstäbe. Dabei sollte auch zwischen leichten und schweren Fahrfehlern unterschieden werden. Notwendig sind ferner eindeutige Regeln zur abschließenden Bewertung der Beobachtungen, also wann eine Leistung als ausreichend oder nicht mehr als ausreichend gilt. Auch sollte festgelegt sein, welche Fehler als nicht mehr tolerabel anzusehen sind und den Abbruch einer Fahrt rechtfertigen. Nach Schubert und Wagner (2003) sind dies selbstverschuldete Unfälle, eine Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer, eine Rotlichtmissachtung oder ein notwendiges Eingreifen des Fahrlehrers.

Aber selbst wenn solche ausführlichen Richtlinien sowie genau beschriebene Beobachtungs- und Bewertungskategorien vorhanden sind, wird dem Beobachter immer ein gewisser Ermessensspielraum bleiben, da die Frage, ob kein, ein leichter oder ein schwerer Fahrfehler begangen wurde oder ob ein Verhalten kritisch oder unkritisch war, häufig nicht eindeutig zu beantworten ist. So wird man in der Praxis sehr schnell feststellen, dass z.B. Geschwindigkeitsübertretungen sehr leicht zu erfassen sind, wohingegen das Urteil, ob eine Beschleunigung „unangemessen“ war, ob ein Fahrer „übermäßig“ gesichert oder andere Verkehrsteilnehmer behindert hat, oftmals Schwierigkeiten bereitet.

Brenner-Hartmann (2002) beschreibt die Durchführung standardisierter Fahrverhaltensbeobachtungen im Rahmen der MPU, die auf der Methode der Fehlerbeobachtung beruht. Die dort verwendete Klassifikation von Fahrfehlern wurde entwickelt, indem die Beobachtungsvariablen der vorhandenen Literatur (Fastenmeier, 1995; Kroj & Pfeiffer, 1973; Maag, 1995; Risser & Brandstätter, 1985; Steinbrecher, 1988; alle zitiert nach Brenner-Hartmann, 2002) zusammengefasst und neu gruppiert wurden. Da sich die im Rahmen der später beschriebenen Fall-Kontroll-Studie durchgeführte Fahrverhaltensprobe im Wesentlichen an Brenner-Hartmann (2002) orientierte, soll auf das von ihm beschriebene Vorgehen an entsprechender Stelle noch detaillierter eingegangen werden (s. Abschnitt 8.4.2).

Insgesamt zeichnen sich also nicht nur die psychometrischen Leistungstests, sondern auch die Fahrverhaltensbeobachtung durch verschiedene Nachteile aus. Letztere wird daher von den meisten Autoren (siehe z.B. Hartje, 2004) - auch in Entsprechung zu den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) - nicht als alleiniges, sondern als ergänzendes Verfahren gesehen.

Im Zuge der enormen technischen Fortschritte, die im Bereich der Simulation gelungen sind, wird zunehmend der Einsatz von interaktiven Fahrsimulatoren als Diagnostikum diskutiert (vgl. Wolbers et al., 2001). In der Simulation kann der moderne Straßenverkehr wirklichkeitsnah abgebildet werden und alle Klienten können unter identischen Bedingungen untersucht werden. Dies ermöglicht auch einen fundierten und fairen Vergleich mit einer Normstichprobe. Ebenso erlaubt die Simulation eine gefahrlose und gezielte Herstellung von Grenzsituationen sowie eine exakte Erfassung von zahlreichen Variablen (wie Spurhaltung oder Reaktionszeiten). Die Fahrsimulation könnte also einen vielversprechenden Kompromiss aus klassischen Leistungstests und Fahrverhaltensproben im Realverkehr darstellen. Noch stehen dem standardmäßigen Einsatz von Simulatoren aber zum einen deren Kosten und zum anderen ein Mangel an systematischen Validierungsstudien entgegen.

### 3 GRUNDLAGEN ZUM KRANKHEITSBILD M. PARKINSON

Die Erkrankung M. Parkinson erhielt ihren Namen durch den Londoner Arzt James Parkinson, der das Krankheitsbild im Jahr 1817 erstmalig unter dem Begriff „Shaking Palsy“ beschrieb. Heute stellt sie nach der Epilepsie die zweithäufigste neurologische Erkrankung dar (Reichmann, 2003).

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick zur Epidemiologie und Ätiologie sowie zur Symptomatik, zum Krankheitsverlauf und zur Therapie des M. Parkinson gegeben werden. Insbesondere wird dabei auf fahrrelevante Symptome der Erkrankung eingegangen. Zu beachten ist, dass sich die Ausführungen jeweils nur auf das Krankheitsbild des idiopathischen bzw. primären M. Parkinson beziehen, da diese Diagnose in der später berichteten Fall-Kontroll-Studie ein Einschlusskriterium darstellte. Sekundäre und atypische Parkinson-Syndrome werden demnach vernachlässigt.

#### 3.1 Epidemiologie, Ätiologie und Pathogenese

In Deutschland leiden derzeit etwa 250 000 bis 400 000 Menschen an M. Parkinson (Gerlach, Reichmann & Riederer, 2003).

Männer und Frauen sind in etwa gleich oft betroffen, wobei die Krankheit meist im Alter von etwa 50 bis 70 Jahren auftritt (s. Abbildung 3.1-1).

Erkrankt sind also v.a. Menschen im höheren Lebensalter: Ab 65 Jahren liegt die Prävalenz bei etwa 1.8% (Ceballos-Baumann, 2005). Nur etwa 5-10% der Patienten sind jünger als 40 Jahre (Trenkwalder & Wittchen, 1999). Lange Zeit ging man davon aus, dass der Untergang dopaminergener Neuronen in der Pars Compacta der Substantia Nigra (s.

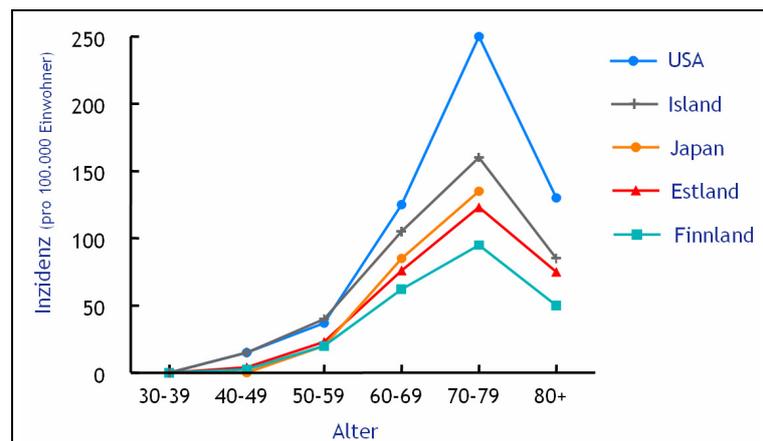


Abbildung 3.1-1: Altersabhängige Inzidenz von Parkinson-Neuerkrankungen in verschiedenen Ländern (aus: Reichmann, 2003, Folie 7).

Abbildung 3.1-2) bzw. der von dort zum Striatum ziehenden Bahn die Ursache der Erkrankung darstellt. Heute weiß man, dass die Erkrankung nicht im Mesencephalon, sondern in tieferen Hirnregionen beginnt (Braak et al., 2003). Bis zum Befall der nigrostriatalen Strukturen ist das Krankheitsbild aber noch präklinisch bzw. asymptomatisch. So unterscheiden Braak et al. (2003) in ihrem Kaskadenmodell sechs pathoanatomische Stadien, die sich grob wie folgt beschreiben lassen: In den asymptomatischen Stadien 1 und 2 sind zunächst nur die Medulla Oblongata und der dorsale Vagus Kern, dann auch die Raphe-Kerne, der Locus Coeruleus, die Formatio Reticularis und der Bulbus Olfactorius befallen. Kennzeichnend für diese frühen Stadien sind lediglich Riechstörungen in subklinischer Ausprägung. Erste motorische Symptome zeigen sich in den Stadien 3 und 4, wenn etwa 60% der dopaminergen Neuronen in der Substantia Nigra zerstört sind (Fearnley & Lees, 1991, zitiert nach Ceballos-Baumann,

2005). In den Stadien 5 und 6 finden sich schließlich auch Schäden in kortikalen Strukturen (zunächst im temporalen Mesocortex, später im gesamten Neocortex), was häufig auch mit einem dementiellen Syndrom verbunden ist.

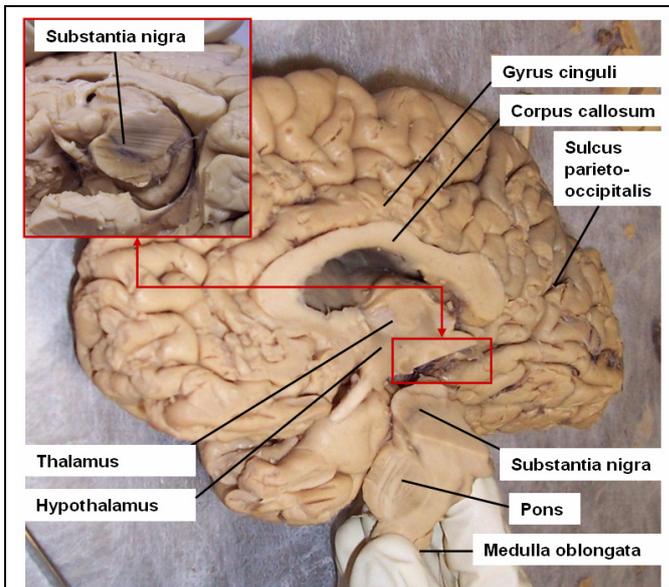


Abbildung 3.1-2: Lage der Substantia Nigra im Sagittalschnitt am menschlichen Gehirn (Foto: Verfasserin).

Charakteristisch für das idiopathische Parkinson-Syndrom sind typische Zytoskelettveränderungen: So genannte Lewy-Körperchen lagern sich sukzessive - entsprechend dem Kaskadenmodell nach Braak et al. (2003) - in den genannten Strukturen ab. Bei diesen nach Frederic Lewy benannten Körperchen handelt es sich um „runde, eosinophile, zytoplasmatische Einschlüsse, deren Hauptbestandteile abnorm phosphorylierte Neurofilamente und ein verändertes, normalerweise in der Membran von Synapsen vorkommendes Protein, das  $\alpha$ -Synuclein, sind.“ (Reichmann, 2003, Folie 12). Da der reguläre Abbau durch Ubiquitin aufgrund dieser Abnormitäten nicht mehr funktioniert, kommt es zu einer Ansammlung von Lewy-Körperchen, die wiederum zu Funktionsverlusten

der betroffenen Neuronen und schließlich zum Zelltod führt. Das idiopathische Parkinson-Syndrom wird demzufolge, wie u.a. auch die Lewy-Körper-Demenz, zu den Alpha-Synukleinopathien gerechnet. Das jeweilige klinische Bild wird dabei von der Lokalisation der Einschlusskörper bestimmt. So äußert sich ein vorwiegend subkortikaler Zellverlust durch die Parkinson-Erkrankung, während die Lewy-Körper-Demenz auf primär kortikale Schäden zurückgeht. Die definitive Diagnose eines idiopathischen Parkinson-Syndroms setzt in jedem Fall den Nachweis von Lewy-Körperchen in der Substantia Nigra voraus (vgl. Ceballos-Baumann, 2005).

Das wesentliche Kennzeichen des M. Parkinson sind Bewegungsstörungen bzw. die motorischen Kardinalsymptome Tremor, Rigor und Akinese (s. Abschnitt 3.2), bedingt durch die Neurodegeneration in den Basalganglien. Der Zellverlust in der Substantia Nigra führt zu einer verminderten Dopaminverfügbarkeit und damit zu einem relativen Überschuss an Glutamat im Striatum. Es kommt aber auch zu Störungen in anderen Transmittersystemen, wie zu einer reduzierten Verfügbarkeit von Serotonin (Hirnstamm), Noradrenalin (N. Caeruleus und Hypothalamus) sowie Acetylcholin und Somatostatin (frontaler Kortex).

Die Ursache der Neurodegeneration und damit der eigentliche Auslöser des idiopathischen Parkinson-Syndroms ist, wie der Terminus „idiopathisch“<sup>1</sup> impliziert, noch immer unbekannt. Neben einem hohen Lebensalter sowie einer positiven Familienanamnese scheinen laut epidemiologischer Analysen auch verschiedene Exotoxine (wie eine Vergiftung durch Pestizide, Herbizide oder Schwermetalle) sowie ein ländlicher Lebensraum (möglicherweise vermittelt durch eine erhöhte Exposition gegenüber Pestiziden) und eine pedantische, zwanghafte und

<sup>1</sup> Aus dem Griechischen: *idios* - selbst, *pathos* - Leiden; als idiopathische Erkrankungen werden alle Krankheiten mit nicht bekannter Ursache bezeichnet, bei denen das Symptom selbst die Krankheit darstellt und nicht auf einen bekannten Pathomechanismus zurückgeführt werden kann (Flexicon - DocCheck, 2005).

ordnungsliebende Persönlichkeitsstruktur Risikofaktoren darzustellen. Vor allem die Zusammenhänge zu den beiden letztgenannten Faktoren sind aber bisher nicht eindeutig belegt. Gleiches gilt für die protektive Wirkung von Kaffee oder Nikotin. (vgl. Reichmann, 2003)

Insgesamt wird vermutet, dass der idiopathische M. Parkinson multifaktoriell bedingt ist, wobei man derzeit die „Hypothese des oxidativen Stresses“ als Modell für den dopaminergen Zelluntergang favorisiert (vgl. Ceballos-Baumann, 2005; Gerlach et al., 2003). Hier wird eine zytotoxische Wirkung von Oxiradikalen, die im Dopaminstoffwechsel entstehen, angenommen. Dieser pathologische oxidative Stress könnte auf defekte Entgiftungsmechanismen und/oder eine gestörte Funktion der Mitochondrien zurückzuführen sein.

## 3.2 Symptomatik

### 3.2.1 Die motorischen Kardinalsymptome

Tremor, Rigor und Akinese gelten als die drei Hauptsymptome des M. Parkinson. Von den meisten Autoren wird mittlerweile die posturale Instabilität, die normalerweise erst bei fortgeschrittener Erkrankung auftritt, als viertes Kardinalsymptom genannt.

Wie auch Rigor und Akinese beginnt der Tremor einseitig und bleibt im Krankheitsverlauf asymmetrisch ausgeprägt. Klassischerweise handelt es sich um einen gleichmäßigen Ruhetremor mit einer Frequenz von etwa 4-6 Hertz (vgl. Gerlach et al., 2003), der bei zielmotorischen bzw. willkürlichen Bewegungen nachlässt. Zusätzlich kann auch ein etwas höherfrequenter Haltetremor auftreten. Betroffen sind v.a. die Hände und Arme, aber auch die Beine. Seltener zittern Kopf, Kinn oder Zunge. Der Tremor an den Händen wird häufig auch als „Pillendreher“ beschrieben. Insbesondere eine Kombination aus Ruhe- und Haltetremor an den Extremitäten könnte sich beim Autofahren - v.a. auf die Fahrzeugstabilisierung - beeinträchtigend auswirken. Kritisch ist zudem im Hinblick auf die Fahrtauglichkeit, dass das Zittern bei psychischer Belastung stärker werden kann.

Der Rigor bezeichnet einen pathologisch erhöhten Tonus der Muskulatur. Diese Steifigkeit ist unabhängig von Gelenkstellung und Bewegung ständig vorhanden und äußert sich bei passiven Bewegungen durch einen wächsernen Widerstand. Das dabei zu beobachtende ruckartige Nachlassen dieses Widerstandes ist auch als „Zahnradphänomen“ bekannt. Zu den Folgen des Rigor zählen eine gebundene Haltung (vornübergebeugter Kopf und Oberkörper, angewinkelte Arme und gebeugte Knie, s. Abbildung 3.2-1), Muskelschmerzen, Probleme beim Wenden im Bett, Unfähigkeit zu schnellen Bewegungen sowie Ungeschicklichkeit und eine gestörte Feinmotorik.

In der Regel sind zunächst proximale Muskeln einer oberen Extremität betroffen. Frühe Kennzeichen für den Rigor sind auch ein vermindertes Mitschwingen eines Armes beim Gehen oder ein verändertes Schriftbild (Mikrografie).

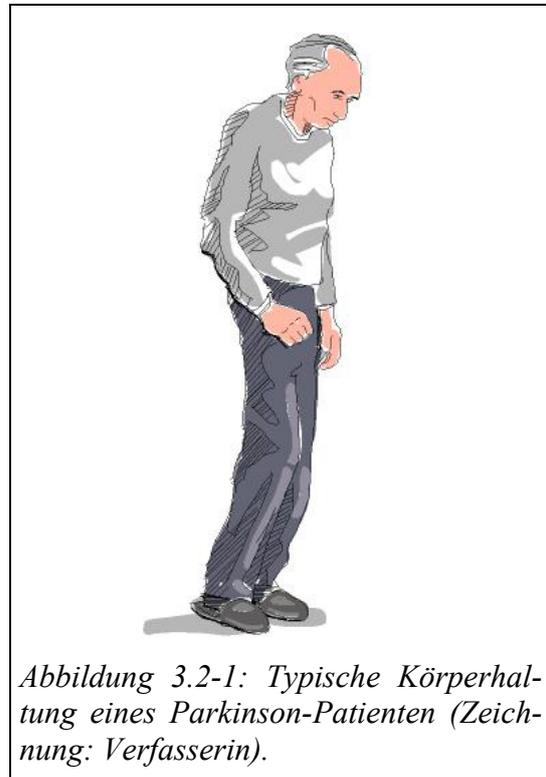


Abbildung 3.2-1: Typische Körperhaltung eines Parkinson-Patienten (Zeichnung: Verfasserin).

Die durch den Rigor bedingten Beeinträchtigungen könnten sich beim Autofahren v.a. auf die Fahrzeugbeherrschung auswirken. Als besonders kritische Situationen sind hier Fahraufgaben zu vermuten, in denen eine hohe körperliche Beweglichkeit und/ oder mehrere Bewegungen gleichzeitig gefordert werden (z.B. Einparken, Abbiegen oder Wenden).

Die Begriffe Akinese, Hypokinese und Bradykinese werden meist synonym verwendet, obwohl sie eigentlich drei unterschiedliche Aspekte einer „verarmten“ Bewegung hervorheben, nämlich

- die Hemmung des Bewegungsstarts,
- die Verminderung von Bewegungsamplituden und Spontanbewegungen sowie
- die Bewegungsverlangsamung

(vgl. Ceballos-Baumann, 2005). In Analogie zu Gerlach et al. (2003) und Ceballos-Baumann (2005) wird im Folgenden der Begriff Bradykinese als Oberbegriff verwendet.

Betroffen ist die Rumpf-, Glieder- und Gesichtsmuskulatur. Die Bradykinese äußert sich u.a. in

- einer reduzierten Gestik und Mimik (teilnahmsloser, starrer Gesichtsausdruck),
- einer verminderten Sprechmodulation (Hypophonie) und Lidschlusshäufigkeit,
- einer veränderten Schluckmotorik (und dadurch bedingten Hypersalivation),
- gestörten Haltereflexen und
- einem verminderten Mitschwingen der Arme beim Gehen.

Die Bradykinese tritt mit fortschreitender Erkrankung zunehmend in den Vordergrund und bestimmt auch größtenteils die Gesamtbehinderung des Patienten. Im schlimmsten Fall führt sie zu völliger Bewegungsunfähigkeit.

Besonders charakteristisch sind Start-Stopp-Probleme und Freezing-Episoden. Bei Letzteren handelt es sich um plötzliche, vorübergehende und relativ kurze Bewegungsblockaden, die häufig als Gefühl das „Einfrierens“ oder „Festklebens“ erlebt werden. Sie können beim Gehen, bei Bewegungen mit Armen und Händen, wie bspw. beim Schreiben, aber auch beim Sprechen auftreten. Ausgelöst werden diese Blockaden in verschiedenen Situationen, z.B. vor Türschwellen oder unter Zeitdruck. Gerade Freezing-Episoden erscheinen im Hinblick auf die Fahrtauglichkeit kritisch, wenn bspw. aufgrund einer Start-Stopp-Hemmung eine Bremsreaktion nicht (rechtzeitig) initiiert werden kann. Aber auch unabhängig vom Freezing könnte die Bewegungsverarmung mit zu langsamen oder zu schwachen Bremsmanövern einhergehen.

Insgesamt liegt die Vermutung nahe, dass die Bradykinese ein schnelles und sicheres Agieren und Reagieren im Straßenverkehr behindert.

Die posturale Instabilität zeichnet sich durch Haltungs- und Gehprobleme aus, die aber erst im späteren Krankheitsverlauf zu beobachten sind. Den Patienten fällt es dann schwer, Gehbewegungen zu initiieren, ihre Schritte sind klein und trippelnd, ein Mitschwingen ihrer Arme ist gar nicht mehr zu beobachten. Insbesondere bereitet es ihnen Schwierigkeiten, die Geschwindigkeit oder die Richtung zu ändern. Vor allem beim Wenden besteht daher die Gefahr, zu stürzen. Insgesamt sind Gleichgewichtsprobleme bzw. „Störungen der reflektorischen Ausgleichsbewegungen nach passiver Auslenkung aus dem Gleichgewicht“ (Ceballos-Baumann, 2005, S. 38) ein wesentliches Charakteristikum der posturalen Instabilität.

Die verschiedenen Kardinalsymptome können interindividuell in unterschiedlicher Ausprägung vorliegen. So ist bspw. der Tremor - obwohl er dem Begriff „Shaking Palsy“ zugrunde liegt und als bester diagnostischer Prädiktor für ein idiopathisches Parkinson-Syndrom gilt -

bei weniger als der Hälfte der Patienten das erste und bei vielen auch nicht das vorherrschende Symptom. Eine völlige Tremorfreiheit lässt die Diagnose allerdings anzweifeln.

### 3.2.2 (Fahrrelevante) Begleitsymptome

Neben den motorischen Kardinalsymptomen treten im Rahmen der Parkinson-Erkrankung auch verschiedene Begleitsymptome auf, die sich nachteilig auf die Fahrtauglichkeit auswirken können. Es sind dies zum einen kognitive bzw. neuropsychologische Veränderungen, zum anderen aktivationale Probleme. Tagesmüdigkeit und plötzliche Einschlafereignisse können - so sie am Steuer geschehen - die Verkehrssicherheit natürlich erheblich gefährden. Schließlich ist der M. Parkinson auch mit Veränderungen des Sehvermögens und verschiedenen somatischen bzw. vegetativ-nervösen Begleitsymptomen assoziiert. All diese Begleitsymptome sollen im Folgenden kurz beschrieben werden, wobei der Schwerpunkt auf fahrrelevanten Beeinträchtigungen liegen wird.

#### 3.2.2.1 Kognitive Defizite

Zahlreiche Studien in der empirischen Forschung widmeten sich der Frage nach kognitiven und neuropsychologischen Veränderungen bei M. Parkinson (vgl. z.B. Raskin, Borod & Tweedy, 1990). Dabei wurden fast in allen kognitiven Funktionen Beeinträchtigungen dokumentiert, wobei der Schwerpunkt des Interesses auf visuell-räumlichen und exekutiven Funktionen sowie Aufmerksamkeit und Gedächtnis lag. Problematisch ist, dass die entsprechenden Befunde nur schwer auf die in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BAST, 2000) geforderten Anforderungen an die psychische Leistungsfähigkeit (s. dazu auch die Abschnitte 2.2.1 und 2.3.2) bezogen werden können. Wie von Golz et al. (2004) kritisiert, finden die dort genannten Leistungsdimensionen (Belastbarkeit, Orientierung, Konzentration, Aufmerksamkeit, Reaktionsfähigkeit) in der Neuropsychologie so keine Anwendung. Dennoch sollen die folgenden Ausführungen einen Überblick über kognitive Defizite im Rahmen des M. Parkinson geben.

Die konsistentesten Befunde liegen zu *exekutiven und visuell-räumlichen Funktionen* vor. Exekutive Funktionen bezeichnen die Fähigkeit, zielgerichtetes Verhalten zu planen, zu organisieren und zu regulieren (vgl. Emre, 2003). So zeigen sich exekutive Defizite in Bereichen wie

- Set Elaboration (Strategien/Konzepte bilden), Set Maintaining (Strategien beibehalten) und Set Shifting (Strategien aufgrund veränderter Umstände verändern),
- bei der Ausübung motorischer Handlungsabfolgen,
- in der Wortflüssigkeit sowie
- beim abstrakten logischen Schlussfolgern

(vgl. Pillon, Boller, Levy & Dubois, 2001; Raskin et al., 1990).

Zur Untersuchung exekutiver Funktionen wird am häufigsten der Wisconsin-Karten-Sortier-Test eingesetzt. Er erfasst sowohl Set Elaboration als auch Set Maintaining und Set Shifting. Gefordert ist, Karten nach einem Kriterium zu sortieren (wie Farbe oder Form), das anhand des Feedbacks durch den Versuchsleiter herausgefunden werden soll. Nach zehn korrekten Antworten ändert der Versuchsleiter die Regel, ohne dies anzukündigen. Erfasst werden die Anzahl erkannter Kriterien sowie die Anzahl perseverativer und nicht-perseverativer Fehler.

Entsprechende Studien mit Parkinson-Patienten führten zu uneinheitlichen Befunden, da sich nicht in allen Untersuchungen Beeinträchtigungen auf Seiten der Patienten zeigten. Einige Studien wiesen eine geringere Anzahl erworbener Strategien und eine erhöhte Anzahl nicht-perseverativer Fehler nach. Andererseits belegten auch zahlreiche Studien ein gehäuftes Auftreten perseverativer Fehler (vgl. Pillon et al., 2001, und Raskin et al., 1990).

Beim Odd-Man-Out-Test von Flowers und Robertson (1985, zitiert nach Raskin et al., 2001) muss anhand von zwei abwechselnd anzuwendenden Regeln beurteilt werden, welche von drei Buchstaben- oder Zahlenreihen sich von den beiden anderen unterscheidet. In diesem Test zeigten Parkinson-Patienten nur geringfügig schlechtere Leistungen als Kontrollpersonen. Es resultierte aber ein unterschiedliches Fehlermuster, das auf Parkinson-bedingte Defizite beim Shift-Maintaining hinwies: während den Kontrollpersonen v.a. zu Beginn der Durchgänge Fehler unterliefen, waren bei den Patienten im Verlauf der gesamten Durchgänge Fehler zu beobachten. Ihre Leistung fluktuierte insgesamt stärker und sie tendierten dazu, zur vorherigen Regel zurückzufallen.

Weitere Studien belegten eine Verlangsamung von Parkinson-Patienten beim Stroop-Test und beim Trailmaking-B-Test, also Verfahren, die vorwiegend die Fähigkeit zum Set-Shifting erfassen.

Verfahren wie der Tower of London, Labyrinth-Tests oder der Subtest „Figuren legen“ beim Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (HAWIE-R; Tewes, 1991) zielen vorwiegend auf die Set Elaboration ab. Auch diese Verfahren ließen bei Parkinson-Patienten Beeinträchtigungen erkennen. Da hier in entsprechenden Untersuchungen nicht nur die Geschwindigkeit, sondern auch die Genauigkeit der Bearbeitung betroffen war, wird eher von einem spezifischen Planungsdefizit als von einer unspezifischen Verlangsamung ausgegangen. (vgl. Pillon et al., 2001)

Ebenso wiesen mehrere Studien zu *motorischen Handlungsabfolgen* auf exekutive Defizite hin, die mit der Parkinson-Erkrankung korreliert sind. So hatten bspw. Parkinson-Patienten bei einer „Route-Walking-Task“ Schwierigkeiten, einer Landkarte zu folgen; allerdings nur dann, wenn ein Richtungswechsel gefordert war, nicht aber, wenn sie geradeaus gehen mussten (Bowen et al., 1972, 1976, zitiert nach Raskin et al., 1990). Dies kann entweder auf ein spezifisches Defizit in der räumlichen Orientierung oder auf allgemeine Schwierigkeiten beim Set-Shifting zurückgehen. Gleiches gilt für den Befund, dass es für Parkinson-Patienten nur dann schwierig war, eigene Körperteile nach der Vorgabe an einem Modell zu berühren, wenn ihnen dieses gegenüber stand (Bowen et al., 1976, zitiert nach Raskin et al., 1990).

Für ein Defizit beim Planen bzw. Programmieren motorischer Handlungssequenzen spricht u.a., dass Parkinson-Patienten in einer Tracking-Aufgabe nicht die normale Tendenz zeigten, die Target-Bewegung zu antizipieren, sondern sich stärker an der aktuellen Position des Targets orientierten (Flower, 1978, zitiert nach Pillon et al., 2001).

Mehrere Studien zur *Wortflüssigkeit* ergaben, dass Parkinson-Patienten bei Tests, in denen Wörter mit gleichem Anfangsbuchstaben generiert werden sollen, nicht beeinträchtigt sind. Allerdings haben sie Schwierigkeiten, Wörter einer spezifischen semantischen Kategorie zu sammeln. (vgl. Raskin et al, 1990)

Defizite im *abstrakten logischen Denken oder Schlussfolgern* scheinen insgesamt nicht mit der Parkinson-Erkrankung assoziiert zu sein. Dafür sprechen u.a. normale Leistungen in den Subskalen „Allgemeines Verständnis“ sowie „Gemeinsamkeiten finden“ beim HAWIE-R (Lees & Smith, 1983, sowie Pillon et al., 1986, jeweils zitiert nach Raskin et al., 1990).

Insgesamt treten also verschiedene exekutive Defizite beim M. Parkinson gehäuft auf, wobei sich Beeinträchtigungen vorwiegend dann zeigen, wenn anhand von intern generierten Regeln

oder Hinweisreizen reagiert und zwischen verschiedenen Alternativen gewechselt werden muss.

Auch *visuell-räumliche Leistungsdefizite* scheinen für Parkinson-Patienten typisch zu sein. Unter anderem zeigten sich Beeinträchtigungen bei den verschiedenen Subskalen im Handlungsteil des HAWIE-R, bei Labyrinth-Tests, im Purdue Pegboard oder im Benton Test of Visual Retention (vgl. Raskin et al., 1990). Problematisch bei den angewandten Verfahren ist, dass meist eine nicht unwesentliche motorische Komponente enthalten ist, so dass Defizite auf visuell-räumlicher Ebene mit bloßen motorischen Beeinträchtigungen konfundiert sein können. Allerdings berichteten auch zahlreiche Autoren über Defizite bei visuell-räumlichen Aufgaben, die keine oder nur minimale motorische Reaktionen erfordern. So schnitten Parkinson-Patienten bspw. auch beim Matrizen-Test nach Raven sowie beim Visual Form Discrimination Test oder dem Line Orientation Test nach Benton schlechter ab (vgl. Raskin et al., 1990).

Insgesamt sind Parkinson-assoziierte Defizite vorwiegend bei Aufgaben zur räumlichen und personalen Orientierung zu beobachten, während die Fähigkeit zur mentalen Rotation vermutlich erhalten bleibt (vgl. Raskin et al., 1990).

Die oben beschriebenen Befunde zum Berühren von Körperteilen und der Route-Walking-Task könnten - wie bereits erläutert - auf ein spezifisches Defizit in der räumlichen Orientierung oder allgemeine Schwierigkeiten beim Set-Shifting hinweisen. Für Ersteres spricht, dass die Beeinträchtigungen in beiden Untersuchungen bei links- und beidseitiger Parkinson-Symptomatik stärker ausgeprägt waren als bei einer primär rechtsseitigen Erkrankung (vgl. Raskin et al., 1990). Derzeit gehen allerdings die meisten Autoren davon aus (vgl. Pillon et al., 2001), dass die Beeinträchtigungen aus der hohen kognitiven Beanspruchung heraus resultieren, welche die eingesetzten Verfahren üblicherweise mit sich bringen, und demnach durch verminderte zentrale Verarbeitungsressourcen zu erklären sind. Tatsächlich treten die meisten Effekte dann auf, wenn ein Set-Shifting gefordert ist, wenn die Reaktion selbst ausgearbeitet oder wenn antizipativ geplant werden muss.

Ferner scheinen auch Defizite in bestimmten *Gedächtnisleistungen* für Parkinson-Patienten charakteristisch zu sein. Dies betrifft sowohl das Kurzzeit- als auch das Langzeitgedächtnis.

Bei Ersterem bleibt üblicherweise die unmittelbare Wiedergabe von Inhalten erhalten. Beeinträchtigungen zeigen sich aber, wenn miteinander interferierende Stimuli vorgegeben werden, wie in einem von Peterson und Peterson (1959, zitiert nach Pillon et al., 2001) entwickelten Verfahren. Hier werden drei Konsonanten unmittelbar vor einer Distraktor-Aufgabe dargeboten, welche ein Rehearsal der Konsonanten verhindern soll. Mehrere Studien bestätigten auf diese Weise Parkinson-assoziierte Leistungsdefizite (vgl. Pillon et al., 2001). Auch haben Parkinson-Patienten Schwierigkeiten, wenn sie eine Zahlenreihe vor der Wiedergabe mental sortieren müssen (Digit Ordering Test, vgl. Pillon et al., 2001).

Beeinträchtigungen im Langzeitgedächtnis betreffen v.a. die freie Wiedergabe von Inhalten (Recall), insbesondere dann, wenn das zu lernende Material nicht semantisch organisiert ist (wie z.B. bei Wortlisten). Der Zugriff zum semantischen Gedächtnis sowie die Rekognition von Gedächtnisinhalten bleiben in der Regel erhalten. Nur wenn bei Rekognitionsaufgaben ein mentales Scanning gefordert wird oder der Abruf mit Delay erfolgt, zeigen sich Beeinträchtigungen. Weitere Defizite finden sich im Paar-Assoziationslernen und im prozeduralen Lernen. Die Leistung in Aufgaben zum Priming bleibt hingegen unbeeinflusst. (vgl. Pillon et al., 2001, sowie Raskin et al., 1990)

Allgemein sind v.a. solche Aufgaben betroffen, bei denen spontan Strategien generiert werden müssen und das Verhalten von internen Handlungsplänen gesteuert wird. Wie auch für die exekutiven Defizite wird angenommen (vgl. Pillon et al., 2001), dass eine Störung fundamen-

taler Mechanismen zugrunde liegt, welche sich auf die Zuteilung attentionaler Ressourcen auswirkt, wenn keine expliziten externen Cues vorhanden sind.

Insgesamt sind beim M. Parkinson primär solche Gedächtnisleistungen beeinträchtigt, die mit den Frontallappen und den Basalganglien assoziiert sind, nicht aber solche, die mit hippocampalen oder nicht-frontalen neokortikalen Regionen in Verbindung gebracht werden.

Schließlich sind im Bereich der kognitiven Defizite auch *sprachliche Beeinträchtigungen* anzuführen. Da diese aber im Kontext der Fahrtauglichkeit keine bedeutsame Rolle spielen, sollen sie nur kurz zusammengefasst werden. Berichtet werden vorwiegend Störungen bei motorischen Aspekten der Sprache, aber auch in der Wortfindung. Diese Defizite sind bei einer rechtsseitigen Symptomatik stärker ausgeprägt. Keine Unterschiede scheinen in der allgemeinen Verarbeitung und dem Verständnis sprachlicher Information zu bestehen. (vgl. Raskin et al., 1990)

Noch immer kontrovers diskutiert wird der Begriff der *Bradyphrenie*. Es ist schwer nachzuweisen, ob bei der Parkinson-Erkrankung eine eigenständige, unspezifische Verlangsamung kognitiver Prozesse vorliegt, die von den motorischen Symptomen und den frontalen Funktionsstörungen abzugrenzen ist (vgl. Johnson et al., 2004, zitiert nach Ceballos-Baumann, 2005). Da auch Depressionen bei Parkinson-Patienten gehäuft auftreten (s. Abschnitt 3.2.3), kann eine Bradyphrenie zudem nur schwer von einer affektiv bedingten psychomotorischen Verlangsamung unterschieden werden.

Etwa 20-40% aller Parkinson-Patienten leiden unter einer *Demenz* (vgl. Gerlach et al., 2003). Allerdings variieren die verschiedenen Prävalenzschätzungen in der Literatur sehr stark, was auf unterschiedliche Methoden zur Erfassung kognitiver Fähigkeiten, unterschiedliche Definitionen von Demenz, Stichprobenauswahl und Erhebungsmethoden zurückzuführen ist (vgl. Emre, 2003). In einer neueren, prospektiven Studie mit 228 Patienten (Aarsland, Andersen, Larsen, Lolk & Kragh-Sorensen, 2003) stieg der Anteil an Fällen mit Demenz in acht Jahren von 26% auf 78% an. Die wichtigsten Prädiktoren für die Entwicklung einer Demenz waren hier ein frühes Auftreten von Halluzinationen und eine akinetisch-dominante Erkrankung. Aber auch ein hohes Lebensalter bei Erkrankungsbeginn gilt als hoher Risikofaktor (vgl. Emre, 2003). Im Vergleich zu ihrer Altersgruppe besteht für Parkinson-Patienten ein zwei- bis dreifach erhöhtes Risiko, eine Demenz zu entwickeln (vgl. Gerlach et al., 2003). Andere Autoren berichten sogar eine bis zu sechsfach erhöhte Inzidenz im Vergleich zu Kontrollpersonen (vgl. Emre, 2003).

Klinisch äußert sich der Prototyp einer Demenz bei Parkinson-Patienten primär durch exekutive Defizite, wobei sich - qualitativ gesehen - die gleichen Defizite wie auch bei nicht-dementen Patienten (s. oben) zeigen. Der Unterschied ist lediglich quantitativer Natur, d.h. die Defizite sind deutlich stärker ausgeprägt (vgl. Emre, 2003). Zudem wurden für demente Parkinson-Patienten Störungen der Aufmerksamkeit (kognitive Reaktionszeit, Vigilanz, Fluktuationen) berichtet (Litvan, Mohr, Williams, Gomez & Chase, 1991, und Ballard et al., 2002, beide zitiert nach Emre, 2003).

Entsprechend neuerer Untersuchungen scheint die zugrunde liegende Pathologie vorwiegend in der Ablagerung von Lewy-Körpern und dem damit verbundenen Zellverlust in kortikalen und limbischen Strukturen zu bestehen (vgl. Emre, 2003) (s. dazu auch Abschnitt 3.1). Neurochemisch gesehen sind neben dopaminergen wohl auch cholinerge und monoaminerge Systeme involviert. Dabei wird vermutet, dass das dopaminerge Defizit zumindest teilweise für die exekutiven Defizite verantwortlich ist, während Störungen bei Gedächtnis- und frontalen Funktionen auf ein cholinerges, Beeinträchtigungen in der Aufmerksamkeit auf ein noradrenerges Defizit zurückgehen. Das gehäufte Auftreten von Depressionen ist möglicherweise

durch einen Serotoninmangel zu erklären (vgl. Pillon et al., 2001, sowie Dubois, Pilon, Lhermitte & Agid, 1990, zitiert nach Emre, 2003; s. dazu auch Abschnitt 3.2.3).

Vor allem die berichteten exekutiven Defizite (Set Shifting, motorische Handlungsabfolgen) sowie Beeinträchtigungen in der räumlichen Orientierung könnten eine nicht unwesentliche Bedeutung für die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten haben. Allerdings wird durch die hier beschriebenen Begriffe die mangelnde Entsprechung zu den in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) genannten Anforderungsdimensionen besonders deutlich. Erschwerend kommt hinzu, dass der Begriff der exekutiven Funktionen in der Literatur nicht einheitlich verwendet wird und dass bei vielen der angewandten neuropsychologischen Tests kein kognitives Modell zugrunde liegt. Darüber hinaus sprechen die meisten Tests mehrere kognitive Funktionen gleichzeitig an und werden somit oft zur Erfassung unterschiedlicher Funktionen eingesetzt (wie z.B. der Stroop-Test oder der Trailmaking B-Test). Mindestanforderungen an die Gedächtnisleistungen werden in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) nicht thematisiert. Demzufolge spielen sie auch in der klassischen Fahreignungsdiagnostik nur eine untergeordnete Rolle.

Zur Frage, inwiefern sich die für nicht-demente Parkinson-Patienten charakteristischen kognitiven Defizite auf ihre Fahrtauglichkeit auswirken, kann daher momentan noch keine gesicherte Aussage getroffen werden. Es sei lediglich auf die wenige empirische Evidenz verwiesen, die in Abschnitt 4.2 dargestellt ist. Das Vorliegen einer Demenz schließt aber die Fahreignung von Parkinson-Patienten mit großer Sicherheit aus (vgl. Lachenmeyer, 2004; Borromei et al., 1999).

### 3.2.2.2 Aktivationale Beeinträchtigungen und die dPV-Befragung 2000

Es ist seit langem bekannt, dass Schlafstörungen und Tagesmüdigkeit bei Parkinson-Patienten weit verbreitete Probleme darstellen. Prävalenzschätzungen für Schlafstörungen variieren zwischen 74% und 96%, für Tagesmüdigkeit findet sich eine besonders hohe Streubreite zwischen 11% und 84%. Diese ist sicher darauf zurückzuführen, dass Tagesmüdigkeit in den verschiedenen Studien nicht einheitlich definiert und operationalisiert wurde (vgl. Körner et al., 2003).

Besondere Brisanz erlangte das Thema Tagesmüdigkeit allerdings erst durch einen Bericht über acht Parkinson-Patienten, die unter den nonergolinen Dopamin-Agonisten Pramipexol bzw. Ropinirol „Schlafattacken“ erlitten und dadurch Verkehrsunfälle verursachten (Frucht et al., 1999). Daraufhin wurde heftig diskutiert, ob solche Einschlafereignisse als Nebenwirkung der Nonergot-Agonisten auftreten. Nachfolgende Publikationen zeigten aber, dass plötzliche Einschlafepisoden auch unter ergolinen Dopamin-Agonisten (z.B. Schapira, 2000, für Pergolid) und auch bei einer Monotherapie mit L-Dopa (z.B. Ferreira, Galitzky, Montastruc & Rascol, 2000) zu beobachten sind. Jüngere Studie wiesen auf einen Klasseneffekt der Dopamin-Agonisten bzw. aller dopaminergen Präparate hin (z.B. Ondo et al., 2001, oder Paus et al., 2003).

Das Fehlen einer vorherigen Müdigkeit wurde von den meisten Autoren angezweifelt, da „Schlafattacken“ im eigentlichen Sinne aus schlafmedizinischer Sicht als ungewöhnlich gelten und man einen allmählichen Übergang vom Wach- in den Schlafzustand annimmt. So wurde die Hypothese aufgestellt, dass die als „plötzlich“ empfundenen Einschlafereignisse vor dem Hintergrund einer dauerhaft erhöhten Tagesmüdigkeit auftreten und daher nur subjektiv als „völlig unerwartet“ empfunden werden (vgl. Möller et al., 2000). Bis dato war nur ein Fall bekannt, bei dem ein Übergang zum Schlafstadium 2 innerhalb von 60 Sekunden polysomnografisch nachgewiesen werden konnte (Tracik & Ebersbach, 2001).

Um den umstrittenen Begriff der „Schlafattacken“ zu vermeiden, soll im Folgenden der Terminus des Sudden Onset of Sleep (SOS) verwendet werden. Unter dem Begriff SOS werden plötzliche Einschlafereignisse unabhängig von der Wahrnehmung einer vorherigen Müdigkeit subsumiert (vgl. Körner et al., 2004).

Die deutsche Parkinson-Vereinigung hat sich dem Problem des SOS umgehend gestellt und eine deutschlandweite Befragung ihrer Mitglieder gefördert - die sogenannte dPV-Befragung 2000. Die Studie wurde am Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften der Universität Würzburg in Zusammenarbeit mit der Universitätsklinik Marburg durchgeführt. Die wesentlichen Ziele der Untersuchung waren

- die Prävalenz plötzlicher Einschlafereignisse bei M. Parkinson allgemein und am Steuer zu erfassen,
- auslösende und modifizierende Faktoren wie Alter, Erkrankungsdauer und Medikation zu identifizieren,
- zu klären, ob plötzliche Einschlafereignisse tatsächlich ohne eine vorherige Müdigkeit auftreten und
- das Risikopotential solcher Einschlafereignisse für den Straßenverkehr abzuschätzen.

Dazu wurden über 6 000 Fragebögen ausgewertet und fast 400 Telefoninterviews durchgeführt. Die wesentlichen Befunde sind bei Körner et al. (2003, 2004), Meindorfner et al. (2005) sowie Möller et al. (2005) veröffentlicht. Im Folgenden sollen die entsprechenden Ergebnisse zu plötzlichen Einschlafereignissen am Tage, Tagesmüdigkeit und Schlafstörungen kurz zusammengefasst werden. Zum genauen methodischen Vorgehen sei auf die genannten Veröffentlichungen verwiesen. Die verkehrsrelevanten Analysen und Befunde werden im empirischen Teil der vorliegenden Arbeit ausführlich berichtet. Auf Studien anderer Autoren zu Einschlafereignissen am Steuer wird in Abschnitt 4.2 eingegangen.

76% der 6 620 befragten Patienten berichteten über regelmäßige Schlafstörungen (Einschlafstörungen, Durchschlafstörungen, Früherwachen), 71% litten subjektiv unter Tagesmüdigkeit<sup>2</sup>, 21% hatten einen leicht erhöhten (über 10), 12% einen deutlich erhöhten Score auf der Epworth Sleepiness Scale (ESS, Johns, 1992). Als Ursache der Tagesmüdigkeit wurden am häufigsten ein gestörter Nachtschlaf (19%) und die Medikation (18%) genannt, wobei Ersterer am häufigsten auf nächtliche Toilettengänge (Nykturie) zurückgeführt wurde (20%). Weitere Attributionen für einen gestörten Nachtschlaf waren u.a. psychische Belastungen, die Parkinson-Symptomatik allgemein, Probleme beim Umdrehen im Bett (als Folge einer nächtlichen Hypokinese) oder (eventuell medikamentös bedingte) Alpträume. Allerdings klagten auch 53% der Patienten, die nicht unter akuten Schlafstörungen litten, über Tagesmüdigkeit.

Insgesamt spricht dies dafür, dass Schlafstörungen zwar eine wichtige Rolle bei der Ätiologie von Tagesmüdigkeit spielen, jedoch nicht allein dafür verantwortlich sind. Vermutlich handelt es sich um ein multifaktoriell bedingtes Phänomen, bei dem die Erkrankung selbst, Schlafstörungen und die Parkinson-Medikation zusammen wirken. Ebenso ist davon auszugehen, dass auch die Schlafstörungen nicht rein krankheitsbedingt sind, sondern ebenfalls auf verschiedene Ursachen, wie Depressionen oder die Medikation, zurückzuführen sind (vgl. Gerlach et al, 2003).

43% der Patienten gaben im Fragebogen an, plötzliches Einschlafen aus eigener Erfahrung zu kennen. Von diesen berichteten jedoch die meisten (40%), dass sie sich vorher müde fühlten. Viele der restlichen Patienten äußerten sich nicht eindeutig darüber, ob der SOS mit oder ohne vorherige Müdigkeit auftraten. Ein weiterer Teil gab explizit beides an. Eher selten wurde

---

<sup>2</sup> Tagesmüdigkeit wurde hier direkt durch das Item “Sind sie zur Zeit tagsüber müde?” erfragt.

berichtet, dass die Einschlafattacken ausschließlich ohne vorherige Müdigkeit auftraten (10% bzw. 4% der Gesamtstichprobe).

Bei fast der Hälfte der betroffenen Patienten (45% von 43%) traten die Einschlafereignisse auch in aktiven Situationen, wie bei der Hausarbeit, beim Sprechen, Schreiben oder sogar beim Autofahren auf. Ebenfalls die Hälfte der betroffenen Patienten (51% von 43%) erlebten solche Einschlafepisoden mindestens zwei bis viermal pro Woche, ein Viertel (25% von 43%) sogar täglich.

Risikofaktoren für plötzliche Einschlafereignisse waren ein hohes Lebensalter, männliches Geschlecht sowie eine lange und fortgeschrittene Erkrankung. Ferner traten solche Einschlafereignisse bei Anzeichen eines gestörten Nachtschlafs (Einschlafstörungen, Durchschlafstörungen, Früherwachen, Schlafapnoe-Symptome, Symptome der REM-Schlaf-Verhaltensstörung und/ oder Symptomen des Restless-Legs-Syndroms) stark gehäuft auf. Auffällig war, dass Patienten mit subjektiv völlig unerwarteten Einschlafereignissen (im Vergleich zu Patienten, die sich vorher müde fühlten) zwar seltener unter Tagesmüdigkeit, aber häufiger unter einem stark beeinträchtigten Nachtschlaf litten.

Im Hinblick auf die Medikation zeigten sich Zusammenhänge zur Einnahme von Dopamin-Agonisten, zur Dosierung der Dopamin-Agonisten, aber auch zur Dosierung von L-Dopa sowie zur Einnahme von sedierenden Begleitmedikamenten. Allerdings bestand keine Korrelation zwischen der Medikation und der Frage, ob die Einschlafepisoden subjektiv mit oder ohne vorherige Müdigkeit auftraten.

Ein gehäuftes Auftreten plötzlichen Einschlafens unter nonergolinen im Vergleich zu ergolinen Agonisten konnte bei einer Betrachtung der Gesamtstichprobe nicht nachgewiesen werden. Ein wesentlicher Befund der Studie war aber, dass eine faire Analyse des Zusammenhangs zwischen plötzlichem Einschlafen und Medikation die Personvariablen Alter, Geschlecht und Erkrankungsdauer berücksichtigen muss, da beide Variablen von diesen Faktoren abhängig sind. So zeigte sich, dass der Einfluss der Dopamin-Agonisten mit zunehmendem Alter der Patienten abnahm und die Subgruppe jüngerer Patienten (unter 70 Jahren) mit einer kurzen Erkrankungsdauer (unter acht Jahren) plötzliches Einschlafen deutlich häufiger unter nonergolinen als unter ergolinen Dopamin-Agonisten berichtete. Darüber hinaus konnte innerhalb dieser Subgruppe bis zu einer Erkrankungsdauer von vier Jahren auch ein erhöhtes Risiko für plötzliches Einschlafen unter L-Dopa nachgewiesen werden.

Insgesamt leistete die Medikation bei der Vorhersage plötzlichen Einschlafens im Vergleich zu den übrigen als Prädiktoren untersuchten Variablen aber nur einen geringen Beitrag.

Somit bleibt festzuhalten, dass aktivationale Beeinträchtigungen bei M. Parkinson tatsächlich ein erhebliches Problem darstellen. Sie können aber nicht ausschließlich als Nebenwirkung der Parkinsonmedikation erklärt werden, sondern müssen als multifaktoriell bedingte Phänomene im Kontext eines Entwicklungsprozesses zwischen Alter, Erkrankungsdauer, Symptomatik und Medikation betrachtet werden. Nur zu Beginn der Erkrankung scheint die dopaminerge Medikation eine wesentliche Rolle zu spielen. Dass gerade Patienten mit ausschließlich „völlig unerwarteten“ Einschlafepisoden zwar selten über Tagesmüdigkeit klagten, aber gehäuft unter einem gestörten Nachtschlaf litten, unterstützt die Hypothese einer Fehleinschätzung der eigenen Wachheit. So ist davon auszugehen, dass plötzliche Einschlafereignisse im Rahmen der Parkinson-Erkrankung als Symptom einer extrem ausgeprägten Tagesmüdigkeit anzusehen sind (i.S. eines Kontinuums) und es sich - zumindest bei der überwiegenden Mehrheit der Fälle - nicht um ein anfallsartiges Phänomen handelt. Diese Ansicht wird auch durch verschiedene andere Studien gestützt und mittlerweile von den meisten Autoren vertreten (u.a. Dement, 1997; Ferreira et al., 2000; Gerlach et al., 2003; Manni, Terzaghi, Sartori, Mancini & Pacchetti, 2004; Reyner & Horne, 1998; Roth, Roehrs, Carskadon & Dement, 1994). Vor allem aber ergeben sich daraus gute Ansatzpunkte zur Implementierung von Gegenmaßnahmen

i.S. eines Trainings zur Beurteilung des eigenen Zustands - insbesondere auch im Kontext der Fahrtauglichkeit.

### 3.2.2.3 Sensorische Veränderungen

Da 90% aller für die Fahrzeugführung relevanten Informationen über das Auge aufgenommen werden (Hiltz & Cavonius, 1996; Lang, 1999; beide zitiert nach Kaiser & Oswald, 2000), ist das Sehvermögen beim Autofahren natürlich von zentraler Bedeutung. Allerdings ist der Varianzanteil der Fahrsicherheit, der durch die üblichen Sehtests erklärt werden kann, sehr gering. In einer Studie von Lachenmayr (2003) lag dieser bspw. nur bei 16%. Im Hinblick auf die zentrale statische Sehschärfe weisen verschiedene Autoren darauf hin, dass ihre Bedeutung eher traditionell bedingt ist und im allgemeinen überschätzt wird, während das periphere Sehen sowie die dynamische Sehschärfe nur selten untersucht werden (vgl. Burgard, 2005). Bedeutsame Zusammenhänge zur Fahrleistung konnten für die Kontrastsensitivität nachgewiesen werden (Owsley et al., 2001; Schieber, 1994; beide zitiert nach Burgard, 2005), wobei diese v.a. in Situationen mit schlechten Sichtbedingungen wichtig ist. Eine wesentliche Rolle scheint laut verschiedener Studien das funktionelle Sehfeld zu spielen. So identifizierten bspw. Owsley, Ball, Sloane, Roenker & Bruni (1991) das „Useful Field of View“ (UFOV) als einen der besten Prädiktoren für Kreuzungsunfälle älterer Fahrer. Beim Konzept des nutzbaren Sehfelds ist jedoch zu beachten, dass nicht nur rein visuelle Funktionen involviert sind, sondern auch Anforderungen an die Aufmerksamkeit gestellt werden. Eine ausführliche Darstellung der beim Autofahren relevanten visuellen Funktionen findet sich z.B. bei Peli und Peli (2002).

Zu den bei Parkinson-Patienten auftretenden Beeinträchtigungen im Sehvermögen zählen eine verminderte Sehschärfe, Kontrastsensitivität und Farbdiskrimination (vgl. Ceballos-Baumann, 2005). Diese als alterstypisch geltenden Veränderungen (vgl. Ellinghaus, Schlag & Steinbrecher, 1990; Kaiser & Oswald, 2000, Metker, Gelau & Tränkle, 1994) müssen sich aber nicht zwangsläufig negativ auf die Fahrleistung auswirken. Gerade im Hinblick auf das Sehen gibt es vielfältige Möglichkeiten der Kompensation (Sehhilfen, optimierte Anzeigen im Fahrzeug, aber auch entsprechende Verhaltensänderungen wie z.B. die Vermeidung von Nachtfahrten oder schlechter Sichtbedingungen). Kritisch ist allerdings, wenn mehrere Leistungsver schlechterungen in verschiedenen Bereichen und Sinnesmodalitäten gleichzeitig auftreten (vgl. Metker et al., 1994).

In der bisher einzigen Studie zum Zusammenhang zwischen visuellen Funktionen und der Fahrleistung von Parkinson-Patienten erwies sich nur die Kontrastsensitivität (nicht aber die Sehschärfe und verschiedene Maße zum UFOV und zu visuellen Feldern) als signifikanter Prädiktor der Fahrsicherheit (Worringham, Wood, Graham, Kerr & Silburn, 2006, s. Abschnitt 4.2). Insgesamt scheinen die bei Parkinson-Patienten auftretenden visuellen Defizite eine eher untergeordnete Rolle zu spielen, sie sind „... selbst bei gezieltem Nachfragen anamnestisch kaum zu eruieren und nur bei gezielter Testung messbar“ (Ceballos-Baumann, 2005, S. 41).

Eine weitere Veränderung im Bereich der Wahrnehmungsfunktionen betrifft die Propriozeption, also die Eigenwahrnehmung des Körpers. So scheinen propriozeptive Defizite mit der Einnahme dopaminergischer Medikamente einherzugehen (O’Suilleabhain, Bullard & Dewey, 2001), was sich beim Autofahren insbesondere beeinträchtigend auf die Fahrzeugstabilisierung oder die Bedienung der Pedale auswirken könnte.

### 3.2.3 Weitere Begleitsymptome

Neben den bisher beschriebenen Beeinträchtigungen sind beim M. Parkinson auch Symptome auf affektiver und vegetativ-nervöser Ebene zu beobachten.

Etwa 40% der Parkinson-Patienten leiden an einer depressiven Verstimmung (vgl. Ceballos-Baumann, 2005). Diese kann jedoch nicht allein durch negativ verzerrte Denkmuster als Reaktion auf die Erkrankung erklärt werden. Zum einen ist die Depression bei Parkinson-Patienten stärker ausgeprägt als bei anderen, ähnlich beeinträchtigenden chronischen Erkrankungen, zum anderen korreliert der Schweregrad der Depression weder mit der Dauer der Erkrankung noch mit dem Ausmaß der motorischen Einschränkungen (vgl. Ceballos-Baumann, 2005; Gerlach et al., 2003). So scheinen depressive Verstimmungen im Rahmen der Parkinson-Erkrankung zumindest teilweise auch durch die mit ihr einhergehenden neuroanatomischen und biochemischen Veränderungen bedingt zu sein. Dafür spricht ferner, dass affektive Symptome oftmals schon lange vor den ersten motorischen Symptomen zu beobachten sind (Leentjens et al., 2003; Schuurman et al., 2002; beide zitiert nach Ceballos-Baumann, 2005). Im Hinblick auf die Fahrtauglichkeit der Patienten sind ggf. die Nebenwirkungen einer antidepressiven Pharmakotherapie zu beachten.

Auf vegetativer Ebene zeigen sich u.a. Schweißausbrüche und nächtliches Schwitzen, Kreislaufstörungen (orthostatische Hypotension), Riechstörungen, Störungen der Harnblasenentleerung, Verstopfung, sexuelle Funktionsstörungen, „Salbengesicht“ (als Folge einer durch die Hypomimie bedingten Seborrhoe) und vermehrter Speichelfluss (bedingt durch eine hypokineticische Schluckstörung). All diese Begleitsymptome sind aber für die Fahrtauglichkeit der Patienten nicht von unmittelbarer Bedeutung.

## 3.3 Krankheitsverlauf

Der Verlauf der Erkrankung ist insgesamt langsam und heterogen, aber progredient. Das Endstadium tritt etwa 10 bis 20 Jahre nach Symptombeginn ein, die präklinische Phase wird auf 5-30 Jahre geschätzt (vgl. Ceballos-Baumann, 2005). Oft wird dieses aber gar nicht erreicht, da viele Patienten - aufgrund ihres fortgeschrittenen Lebensalters - schon vorher wegen anderer Ursachen sterben, die denen der Normalbevölkerung im Wesentlichen entsprechen. Die Parkinson-Erkrankung selbst ist nicht tödlich, allerdings führt die Bradykinese schlimmstenfalls zu völliger Bewegungsunfähigkeit und Pflegebedürftigkeit.

Vor der Entwicklung und Einführung der L-Dopa-Therapie beobachteten Hoehn und Yahr (1967) den natürlichen Krankheitsverlauf an einer Stichprobe von 800 Patienten. Die nach ihnen benannte Stadieneinteilung ist zwar sehr grob, wird aber auch heute noch verwendet (s. Tabelle 3.3-1). In ihrer Untersuchung dauerte es im Mittel etwa 14 Jahre, bis das Stadium 5 erreicht wurde. Die Mortalität war etwa dreimal so hoch wie in der Normalbevölkerung.

Nach Einführung der L-Dopa-Therapie hat die Sterblichkeitsrate deutlich abgenommen. So fand sich in einer Längsschnittstudie über 10 Jahre bei Patienten unter einer dopaminergen Kombinationstherapie (L-Dopa + Dopamin-Agonisten) nur ein 1.5-fach erhöhtes Mortalitätsrisiko (Hely et al., 1999, zitiert nach Ceballos-Baumann, 2005). Obgleich die Krankheitsprogression selbst nicht gebremst wird, können die Patienten durch L-Dopa zumindest drei bis fünf Jahre länger auf jedem Hoehn & Yahr-Stadium gehalten werden.

In der DATATOP-Studie der Parkinson-Study-Group (1996a, zitiert nach Ceballos-Baumann, 2005) wurden 800 de novo Patienten unter dopaminergem Therapie im Längsschnitt unter-

sucht. Hier zeigten sich nach fünf Jahren bei der Hälfte der Patienten Wearing-off-Phänomene<sup>3</sup>, bei knapp einem Drittel Dyskinesien und bei einem Viertel Freezing-Episoden.

Insgesamt bestehen aber enorme Unterschiede im Hinblick darauf, wie schnell die Erkrankung beim einzelnen Patienten fortschreitet.

*Tabelle 3.3-1: Einteilung der Krankheitsschwere nach Hoehn und Yahr (1967).*

|           |                                                                                                          |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stadium 1 | keine wesentliche Behinderung, Zittern und Steifigkeit nur auf ein- und derselben Körperseite            |
| Stadium 2 | leichte Behinderung, Symptome beidseitig, beim Gehen keinerlei Probleme mit dem Gleichgewicht            |
| Stadium 3 | mäßige Behinderung, Schwierigkeiten beim Gehen, Unsicherheit beim Wenden, Gefahr, beim Gehen zu stürzen. |
| Stadium 4 | schwere Behinderung, man kann aber noch gehen, alleine leben ist nicht mehr möglich                      |
| Stadium 5 | sehr schwere Behinderung, bettlägerig oder auf Rollstuhl angewiesen.                                     |

Neben der Einteilung nach Hoehn und Yahr (1967) sind als weitere, häufig verwendete Skalen zur Beurteilung des Schweregrads der Parkinson-Erkrankung die Northwestern University Disability Scale (NUDS, Carter, Dela Torre & Mier, 1961), die Skala nach Webster (1967), die Skala nach Schwab und England (1969) sowie die Unified Parkinson Disease Rating Scale (UPDRS, Fahn et al., 1987) zu nennen.

Vor allem Letztere zählt mittlerweile zu den standardmäßig eingesetzten Verfahren. Neben der Ausprägung der motorischen Symptome (Teil III) erfasst die UPDRS anhand zweier weiterer Subskalen auch kognitive Funktionen, Verhalten und Stimmung (Teil I) sowie Aktivitäten des täglichen Lebens (Teil II).

### 3.4 Therapie

Da die eigentliche Ursache der Erkrankung noch immer unbekannt ist, kann bisher nur eine rein symptomatische, aber keine kurative oder neuroprotektive Therapie erfolgen. Zur symptomatischen Therapie zählen

- in erster Linie der Einsatz von Pharmaka, aber auch
- die Pallidotomie, die tiefe Gehirnstimulation, die Transplantation fetaler Stammzellen und
- physikalische Methoden wie Krankengymnastik, Ergotherapie und Logopädie.

Die Pharmakotherapie basiert auf der Substitution von Dopamin, einerseits durch den Vorläufer L-Dopa, andererseits durch Dopamin-Agonisten. Dabei stellt ein Ansprechen auf die dopaminerge Therapie auch ein wesentliches diagnostisches Kriterium für den idiopathischen M. Parkinson dar.

<sup>3</sup> „Nachlassen der Medikamentenwirkung ca. 4-6 Stunden nach Einnahme, auch nächtliche Akinese, frühmorgendliche Akinese vor der ersten Medikamenteneinnahme, nachmittägliche Akinese“ (Ceballos-Baumann, 2005, S. 41).

Insgesamt ist die L-Dopa-Therapie zwar am effektivsten, da sie aber langfristig zu Komplikationen (Fluktuationen, Überbewegungen oder Halluzinationen) führt, versucht man, jüngere Patienten (bis etwa 70 Jahre) zunächst monotherapeutisch mit Dopamin-Agonisten zu behandeln und die Einnahme von L-Dopa so lange wie möglich hinaus zu zögern. Weil aber andererseits sowohl ein höheres Lebensalter als auch eine Behandlung mit Dopamin-Agonisten mit einem erhöhten Psychose-Risiko assoziiert sind, werden ältere Menschen (ab ungefähr 70 Jahren) bevorzugt nur mit L-Dopa behandelt.

Neben L-Dopa und Dopamin-Agonisten werden auch MAO-B-Hemmer und COMT-Hemmer zur Blockade des Dopamin-Abbaus sowie antiglutamaterge Substanzen (Amantadin, Budipin) und Anticholinergika eingesetzt. Letztere sind insbesondere im Hinblick auf den Tremor effizient, haben aber mittlerweile an Bedeutung verloren, da sie zu Verwirrheitszuständen führen können.

Innerhalb der Dopamin-Agonisten unterscheidet man ergoline (Bromocriptin, Pergolid, AD-HEC, Cabergolin, Dopergin) und die neueren nonergolinen Agonisten (Ropinirol, Pramipexol). Die meisten Dopamin-Agonisten werden oral eingenommen, es gibt aber auch Präparate (Apomorphin), die parenteral, also unter Umgehung des Darmes, injiziert werden.

In der Pharmakotherapie versucht man also, die Dopamin-Konzentration entweder direkt durch Substitution oder indirekt durch Hemmung des Dopamin-Abbaus oder der glutamatergen Überaktivität zu erhöhen. Leider verlieren die Pharmaka aber nach einer Erkrankungsdauer von etwa 15-20 Jahren ihre Wirksamkeit (s. dazu auch Abschnitt 3.3). Im Hinblick auf die Nebenwirkungen der Medikamente erscheinen insbesondere Dyskinesien und Fluktuationen, aber auch die mit der dopaminergen Therapie in Verbindung gebrachte Tagesmüdigkeit (s. dazu Abschnitt 3.2.2.2) kritisch für die Fahrtauglichkeit.

Die tiefe Stimulation des Nucleus Subthalamicus oder des Globus Pallidus Internus durch implantierte Elektroden hat mittlerweile die ablativen Verfahren wie die posterolaterale Pallidotomie verdrängt; Letztere konnte sich trotz positiver Studienergebnisse aufgrund erheblicher Nebenwirkungen (Dysarthrie, Dysphagie, neuropsychologische Defizite) nicht durchsetzen (vgl. Poewe & Wenning, 2005). Durch die elektrische Überstimulierung können die motorischen Symptome zwar vermindert werden, das Verfahren wird aber im Allgemeinen erst bei fortgeschrittener Erkrankung bzw. wenn die Pharmakotherapie nicht mehr befriedigend wirkt und nur bis zu einem Lebensalter von etwa 75 Jahren empfohlen. Zudem sind potentielle Nebenwirkungen und Folgeschäden dieser sehr aufwändigen Methode noch nicht hinreichend bekannt.

Bei der Transplantation fetaler Stammzellen werden gesunde dopaminerge Neuronen eines abgetriebenen Feten in das Gehirn des Patienten eingepflanzt, um ein neues, dopaminproduzierendes Neuronennetzwerk herzustellen. Hierzu sind aber bisher nur zwei randomisierte und placebokontrollierte Studien bekannt, die leider zu enttäuschenden Ergebnissen führten: Weder objektiv - gemessen über die UPDRS (Fahn et al., 1987) - noch subjektiv konnte eine Verbesserung nachgewiesen werden (Freed et al., 2001; Olanow, 2003; beide zitiert nach Poewe & Wenning, 2005). Darüber hinaus stehen dem Einsatz dieses Verfahrens in Deutschland auch noch sehr große ethische Bedenken entgegen.

Alles in allem stellen die Verfahren der Neuro- und Transplantationschirurgie also derzeit noch keine wirklich guten Alternativen zur Pharmakotherapie dar.

Als unverzichtbar gilt mittlerweile die begleitende physikalische Therapie (vgl. Reichmann, 2003). So zielen krankengymnastische, ergo- und logotherapeutische Programme u.a. darauf ab, den erhöhten Muskeltonus zu vermindern, die gestörte Körperhaltung zu korrigieren, die Willkür- und Feinmotorik zu verbessern sowie einen krankheitsangepassten Umgang mit Verrichtungen des täglichen Lebens zu vermitteln und die sprachliche Kommunikationsfähigkeit zu fördern.

Noch viel zu selten kommen dagegen psychologische Methoden der kognitiven Verhaltenstherapie zur Anwendung. Ansatzpunkte bieten hier einerseits unspezifische Methoden zur Krankheitsbewältigung, aber auch die für das Krankheitsbild spezifischen psychischen Aspekte und psychosozialen Belastungen (vgl. Macht, Schwarz & Ellgring, 1998). Zu nennen ist an dieser Stelle v.a. der „psychologische Parkinsoneffekt“ bzw. die Beobachtung, dass die motorischen Symptome in Stress-Situationen und bei emotionaler Erregung zunehmen. In einer Befragung von Ellgring, Oertel, Ploog und Struppler (1989, zitiert nach Macht & Ellgring, 2003) wurde dieses Phänomen von 90% aller Patienten berichtet. Aber auch die Befunde einer erhöhten Dopaminverfügbarkeit im Gehirn nach Placebogabe (Fuente-Fernández et al., 2001, zitiert nach Macht, 2003) und die positive Wirkung von ruhiger Musik oder einer Kurzentspannung (Macht et al., 2000) zeigen, dass psychische Prozesse die motorischen Symptome beeinflussen. Ein weiterer Ansatzpunkt für psychologische Maßnahmen besteht darin, dass bei Parkinson-Patienten - trotz reduzierter Gestik und Mimik sowie vermindertem stimmlichen Ausdruck - eine erhöhte Empfindlichkeit und emotionale Reaktivität besteht. Diese Diskrepanz führt häufig zu Fehldeutungen durch die Sozialpartner und damit zu Problemen in Familie, Partnerschaft oder öffentlichen Situationen. Darüber hinaus können auch mögliche kognitive Beeinträchtigungen, depressive Verstimmungen, Schlafstörungen und sexuelle Probleme durch psychologische Interventionen angegangen werden. Beispielhaft sind an dieser Stelle Trainings zur Stressbewältigung, zur kognitiven Umstrukturierung, oder Trainings zum Gefühlsausdruck, der Planung von Aktivitäten sowie die Vermittlung von Kompensationsstrategien (z.B. lautes Zählen beim Freezing) aufzuführen; nicht zuletzt bieten sich psychologische Maßnahmen aber auch für die Probleme der Angehörigen an (vgl. Macht & Ellgring, 2003).

Vor allem wenn sie auf den individuellen Patienten abgestimmt werden, können verhaltenstherapeutische Methoden zum Symptom-Management und zur Krankheitsbewältigung die persönliche Lebensqualität erhöhen (Macht, 2003).

Auch wenn die Wirksamkeit psychologischer Interventionen bei Parkinson-Patienten noch einer weiteren empirischen Absicherung bedarf, ergeben sich daraus vielversprechende Möglichkeiten auch im Hinblick auf die Fahrtauglichkeit. So ist unbedingt zu empfehlen, diese Ansätze spezifisch für den Bereich der Verkehrsteilnahme weiterzuentwickeln. Sehr gut können bspw. Methoden wie die Aktivitätsplanung - i.S. einer auf die Symptomatik abgestimmten Fahrtenplanung - übertragen werden.

## 4 BISHERIGE EMPIRISCHE EVIDENZ ZUR FAHRTAUGLICHKEIT BEI M. PARKINSON

Da das Thema Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson erst durch die Diskussion um „Schlafattacken“ wesentliche Aufmerksamkeit in der empirischen Forschung gewonnen hat, finden sich bis zu diesem Zeitpunkt auch nur einige wenige Publikationen zu dieser Problematik. Dabei hatte man sich vorwiegend auf den Nachweis von Beeinträchtigungen im Fahrverhalten von Parkinson-Patienten und deren Prädizierbarkeit durch verschiedene Skalen zur Krankheits-schwere konzentriert.

### 4.1 Beeinträchtigungen in der Fahrleistung von Parkinson-Patienten

Zur Frage, ob bei Parkinson-Patienten Beeinträchtigungen im Fahrverhalten vorliegen, ergeben alle bisherigen Studien ein sehr konsistentes, aber negatives Bild: Patienten schneiden im Vergleich zu gesunden Personen durchwegs schlechter ab. Dies betrifft

- ihre Unfallbelastung (Adler, Rottunda, Bauer & Kuskowski, 2000; Dubinsky et al., 1991),
- ihre Leistungen bei Fahrverhaltensproben im Realverkehr (Heikkilä, Turkka, Korpelainen, Kallanranta & Summala, 1998; Wood, Worringham, Kerr, Mallon & Silburn, 2005),
- in der Fahrsimulation (Lings & Dupont, 1992; Madeley, Hulley, Wildgust, Mindham, 1990; Stolwyk, Triggs, Charlton, Iansek & Bradshaw, 2005; Zesiewicz et al., 2002)
- und auch bei klassischen fahrrelevanten Leistungstests (Heikkilä et al., 1998).

So ergab eine Interview-Studie mit 150 Parkinson-Patienten und 100 Kontrollpersonen für Erstere zwar keine erhöhte Lebenszeitprävalenz von Verkehrsunfällen, aber ein erhöhtes fahrleistungsbezogenes Unfallrisiko für die vorangegangenen drei Jahre (Dubinsky et al., 1991). Und auch Adler et al. (2000) bestätigten anhand einer Stichprobe von 89 Parkinson-Patienten und 423 Kontrollpersonen ein 2.5-fach erhöhtes Unfallrisiko bezogen auf die letzten fünf Jahre.

Bei Fahrverhaltensproben im Realverkehr (Heikkilä et al., 1998; Radford, Lincoln & Lennox, 2004; Wood et al., 2005) waren negativere Gesamt-Ratings zur Fahrsicherheit sowie eine größere Anzahl von kritischen Situationen, gefährlichen Fehlern und schweren Verstößen gegen die Straßenverkehrsordnung kennzeichnend für die Patienten.

Radford et al. (2004) untersuchten 51 Patienten und hielten 12% von ihnen für unsichere Fahrer. Bei Heikkilä et al. (1998) wurden 35% der 20 Patienten, aber keine ihrer 20 Kontrollpersonen als fahruntauglich beurteilt. Bei Wood et al. (2005) hätten sogar 56% der 25 Patienten, aber auch 24% der 21 Kontrollpersonen eine entsprechende staatliche Fahrprüfung nicht bestanden.

Insgesamt hatten die Patienten v.a. bei den folgenden - als alterskritisch geltenden - Fahraufgaben Schwierigkeiten (siehe Dahmen-Zimmer et al., 1999; Gelau, Metker & Tränkle, 1994; Kaiser & Oswald, 2000):

- Knotenpunkte (Linksabbiegen, Kreisverkehr, Ampelkreuzungen, Sichern an Kreuzungen) und Stadtfahrten allgemein,

- Mitfahren im Verkehrsfluss,
- Spurwechsel,
- Beachten des toten Winkels sowie
- Rückwärts Fahren und Einparken.

In der Fahrsimulation untersuchten Zesiewicz et al. (2002) 39 Parkinson-Patienten und 25 Kontrollpersonen, Madeley et al. (1990) je 10 Patienten und Kontrollen, Lings und Dupont (1992) lagen Daten von 28 Patienten und 109 Kontrollpersonen vor. Die Stichprobe von Stolwyk et al. (2005) bestand aus je 18 Patienten und gesunden Testfahrern.

Bei den verwendeten Simulatoren handelte es sich meist um relativ einfache Varianten bzw. technisch weniger aufwändige Ausbaustufen, in denen die Patienten durch erhöhte Reaktionszeiten, eine verminderte Fähigkeit zum punktgenauen Bremsen, ein gehäuftes Missachten roter Ampeln sowie ein vermehrtes Auftreten von Kollisionen und Fehlreaktionen auffielen. An der Studie von Lings und Dupont (1992) ist allerdings zu kritisieren, dass die Kontrollgruppe deutlich jünger war als die Patientengruppe (MD=49 vs. MD=65) und neben Patienten, die keine aktiven Fahrer mehr waren, auch solche enthalten waren, die noch nie eine Fahrerlaubnis besessen hatten. Die Autoren berichten jedoch, dass Analysen unter Ausschluss Letzterer zu vergleichbaren Befunden führten. Bei Zesiewicz et al. (2002) nahmen 18% der getesteten Patienten zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht mehr aktiv am Straßenverkehr teil, Stolwyk et al. (2005) untersuchten dagegen nur aktive Fahrer. Bei Madeley et al. (1990) waren ebenfalls alle 10 Patienten noch aktive Fahrer, zusätzlich nahmen aber vier Patienten teil, die das Fahren mittlerweile aufgegeben hatten. Diese schnitten deskriptiv betrachtet etwas schlechter ab als die aktiven Fahrer, jedoch treffen die Autoren keine vergleichende Aussage zu aktiven vs. ehemaligen Fahrern.

Sowohl in Fahrverhaltensproben als auch in der Simulation wurden Parkinson-assoziierte Beeinträchtigungen in der Spurhaltung festgestellt (Madeley et al., 1990; Radford et al., 2004; Stolwyk et al., 2005; Wood et al., 2005).

Schließlich wiesen Heikkilä et al. (1998) auch bei klassischen Leistungstests der Fahreignungsdiagnostik deutliche Beeinträchtigungen auf Seiten der Parkinson-Patienten nach.<sup>4</sup> So zeichneten sie sich bei Tests zum visuellen Kurzzeitgedächtnis sowie zur perzeptiven Flexibilität und zum Fällen von Entscheidungen durch weniger richtige Lösungen und bei Ersterem auch durch eine längere Bearbeitungszeit aus. In einem Vigilanztest war bei den Patienten die Anzahl falscher Reaktionen zumindest tendenziell höher als bei den Kontrollen. Besonders deutliche Unterschiede zeigten sich in Tests zur komplexen Wahlreaktion sowie zur Informationsverarbeitung und reaktiven Stresstoleranz. Hier reagierten die Patienten hochsignifikant seltener richtig und zeitgerecht, ließen hochsignifikant häufiger dargebotene Signale aus und machten auch signifikant mehr Fehler. Tendenziell erwies sich dabei die Entscheidungs-, nicht aber die Bewegungszeit als verlängert. Die Autoren sehen diese Befunde insgesamt als einen Hinweis auf eine verlangsamte Informationsverarbeitung. Dabei ist aber anzumerken, dass die meisten Verfahren auch hohe Anforderungen an die Motorik stellen und es somit wahrscheinlich ist, dass die berichteten Effekte nicht allein kognitiv bedingt sind.

---

<sup>4</sup> Es handelte sich hier um ältere Versionen der Verfahren, die am Kuratorium für Verkehrssicherheit in Wien entwickelt wurden (vgl. Bukasa & Risser, 1985) und heutzutage am ART-2020 vorgegeben werden. Anhand der Testbeschreibungen von Heikkilä et al. (1998) fällt eine genaue Zuordnung zu den genannten Verfahren allerdings schwer, da sie die Tests nicht benennen.

## 4.2 Die Rolle motorischer, kognitiver und aktivationaler Beeinträchtigungen

Die meisten Untersuchungen im Bereich *motorischer Beeinträchtigungen* zielten darauf ab, einen Zusammenhang zwischen verschiedenen Maßen der *Krankheitsschwere* und der Fahrleistung von Parkinson-Patienten nachzuweisen. Die Befunde ergeben jedoch kein einheitliches Bild.

Bei Adler et al. (2000) erwies sich das Vorhandensein motorischer Beeinträchtigungen als signifikanter Prädiktor für die Unfallbelastung der letzten fünf Jahre. So war das Unfallrisiko für Patienten mit „motorischen Einschränkungen“ 3.2-mal höher als für Patienten ohne Einschränkungen. Leider machen die Autoren keine Angaben dazu, wie diese „motorischen Einschränkungen“ erfasst und operationalisiert wurden.

Auch bei Dubinsky et al. (1991) stieg das fahrleistungsbezogene Unfallrisiko von Parkinson-Patienten (Unfälle auf 1 Million Meilen in den vorangegangenen drei Jahren) mit den Hoehn & Yahr-Stadien signifikant an: Es war im Stadium 3 signifikant höher als in der Kontrollgruppe und signifikant höher als im Stadium 1. Für das Hoehn & Yahr-Stadium 2 wurde dagegen nur ein deskriptiv erhöhtes, im Stadium 1 sogar ein geringeres Unfallrisiko als in der Kontrollgruppe nachgewiesen. Darüber hinaus war die Unfallrate der Patienten im Stadium 3 auch höher als die der Gesamtbevölkerung von Kansas und Missouri. Allerdings konnte ein entsprechender Zusammenhang weder für die NUDS (Carter et al., 1961) noch für die Skala nach Schwab und England (1969) bestätigt werden. Insgesamt halten die Autoren aber auch die Hoehn & Yahr - Skala nicht für hinreichend sensitiv zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit. Sie betonen vielmehr, dass zumindest einige Patienten selbst im Stadium 3 noch sicher fahren können.

Radford et al. (2004) konnten unter Verwendung der Skala nach Webster (1967) zeigen, dass (laut Fahrlehrerurteil) unsichere Fahrer signifikant schwerer erkrankt waren als sichere Fahrer.

In der Fahrsimulationsstudie von Madeley et al. (1990) konnten ebenfalls anhand der Webster-Skala signifikante Korrelationen zur Spurhaltung und zur Reaktionszeit nachgewiesen werden. Aber auch hier betonen die Autoren, dass die Krankheitsschwere zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit nicht ausreicht.

Schließlich zeigten Zesiewicz et al. (2002), dass das Auftreten von Kollisionen in der Fahrsimulation signifikant mit den Hoehn & Yahr-Stadien und auch mit dem UPDRS III - Score assoziiert war. So hatten 20% der Kontrollgruppe und der Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 1, 56% der Patienten im Stadium 2, 90% der Patienten im Stadium 3 und 100% der Patienten im Stadium 4 mindestens eine Kollision<sup>5</sup>.

Während bei Lings und Dupont (1992) nur vereinzelt bzw. nicht konsistent Zusammenhänge zwischen der Webster-Skala und der in der Simulation gemessenen Entscheidungszeit bestanden, korrelierte keiner der von Stolwyk et al. (2005) untersuchten Fahrparameter mit dem UPDRS III - Score.

In der Fahrverhaltensprobe bei Wood et al. (2005) korrelierte die Fahrleistung zwar mit der Erkrankungsdauer, aber weder mit dem Hoehn & Yahr-Stadium, noch mit dem UPDRS III - Score. In der Fahrverhaltensprobe von Heikkilä et al. (1998) fanden sich keinerlei Zusammenhänge zu Merkmalen der Parkinson-Erkrankung (Hoehn & Yahr-Stadium, Erkrankungsdauer).

Auch hinsichtlich der Rolle von *kognitiven Beeinträchtigungen* liefert die magere gegenwärtige Literatur kein einheitliches Bild. So fanden Dubinsky et al. (1991) ein erhöhtes (fahrleis-

---

<sup>5</sup> Bei diesem Befund ist aber zu beachten, dass nur drei Patienten im Stadium 4 untersucht wurden, während die Anzahl von Patienten in den übrigen Stadien mindestens 10 war.

tungsbezogenes) Unfallrisiko für Patienten mit einem MMSE-Score (Mini Mental State Examination nach Folstein, Folstein & McHugh, 1975<sup>6</sup>) unter 27 Punkten, während sich ein MMSE-Score von weniger als 25 Punkten bei Adler et al. (2000) nicht als signifikanter Prädiktor für die Unfallbelastung von Parkinson-Patienten in den letzten fünf Jahren erwies. Zesiewicz et al. (2002) konnten eine tendenzielle, aber geringe Korrelation ( $r=.30$ ) zwischen dem MMSE-Score und der Anzahl von Kollisionen im Fahrsimulator nachweisen. Der MMSE-Score der von Heikkilä et al. (1998) untersuchten Patienten korrelierte hingegen nicht mit ihrer Fahrleistung in der Fahrverhaltensprobe.

Radford et al. (2004) wendeten statt der MMSE differenziertere neuropsychologische Tests an, nämlich Verfahren zur Prüfung von

- Aufmerksamkeit und Konzentration (Subtest „Dot Cancellation“ im Stroke Drivers Screening Assessment, SDSA, und Paced Auditory Serial Addition Task, PASAT),
- nonverbalem logischem Schlussfolgern (Subtest „Square Matrices“ im SDSA),
- verbaler und visueller Rekognition, Recall, Lernen und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (Adult Memory and Information Processing Battery und Subtest Road Sign Recognition im SDSA) sowie von
- exekutiven Fähigkeiten (Stroop-Test).

Dabei fanden sich aber keine Unterschiede zwischen Patienten, die sich in der Fahrverhaltensprobe (laut Fahrlehrerurteil) als sichere vs. unsichere Fahrer erwiesen hatten. Nur drei der 19 erfassten Testparameter (Aufmerksamkeit, Story Recall und Informationsverarbeitung) korrelierten signifikant mit der Fahrleistung - und dies auch nur im Bereich von .3. Die Autoren schlussfolgern, dass kognitive Faktoren bei der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten eine untergeordnete Rolle spielen. Leider wird die Aussagekraft dieses Befundes durch das Fehlen einer Kontrollgruppe eingeschränkt.

Die Arbeitsgruppe um Wood berichtet in einer weiteren Publikation (Worringham et al., 2006) über die Prädiktion der Fahrleistung in der von ihnen durchgeführten Fahrverhaltensprobe durch eine umfassende Testbatterie zu visuellen, motorischen und kognitiv-affektiven Funktionen. Als bester Prädiktor unter den Verfahren zur Prüfung motorischer Funktionen erwies sich der Purdue Pegboard Test<sup>7</sup> mit einer Korrelation zum Fahrsicherheits-Score von .54. Die Reaktionszeit bei einer Zielverfolgungsaufgabe korrelierte nur tendenziell mit der Fahrleistung, die Leistung in einer Aufgabe zum motorischen Timing durch Antizipation hingegen gar nicht. Unter den kognitiven Verfahren korrelierte nur der Zahlen-Symbol-Test (verbale Version) mit der Fahrleistung ( $r=.46$ ), aber weder der Stroop-Test noch der Trailmaking A oder B - Test. Ebenso fanden sich keine Zusammenhänge zwischen den Skalen zu Angst und Depression nach Beck (Beck & Steer, 1990; Beck, Steer & Brown, 1996; beide zitiert nach Worringham et al., 2006). Unter den visuellen Funktionen erwies sich - wie bereits unter Abschnitt 3.2.2.3 berichtet - lediglich die Kontrastsensitivität als signifikanter Prä-

---

<sup>6</sup> Die MMSE (Mini-Mental Status Examination) ist ein weit verbreitetes Screeningverfahren zur Diagnostik einer dementiellen Erkrankung. Sie enthält elf Items zu Orientierung, Merkfähigkeit, Aufmerksamkeit, Rechenfähigkeit, Erinnerungsfähigkeit, Lesen, Schreiben und visuo-konstruktiven Fähigkeiten. Insgesamt können maximal 30 Punkte erzielt werden. Bis zu etwa 27 Punkten ist von einem Normalbefund auszugehen, Werte bis 18 bzw. 20 Punkten sprechen für eine leichte, Werte unter 10 Punkten für schwere Demenz.

<sup>7</sup> Der Purdue Pegboard Test misst die Geschicklichkeit der Hand- und Fingerfunktionen sowie das Fingerspitzengefühl. Das Testboard enthält im oberen Bereich vier Ausbuchtungen mit Metallstiften, Röhrchen und Dichtungen, im unteren Bereich zwei Lochreihen. Die Versuchsperson soll erst mit der rechten dann mit der linken Hand schnellstmöglich die Stifte in die rechte bzw. linke Lochreihe setzen, dann mit beiden Händen gleichzeitig die Stifte schnellstmöglich in die entsprechenden Lochreihen setzen und schließlich mit beiden Händen schnellstmöglich Stifte (rechte Hand), Dichtung (linke Hand), Röhrchen (rechte Hand) und Dichtung (linke Hand) in die rechte Lochreihe setzen.

diktoren der Fahrleistung ( $r=.39$ ), nicht aber die Sehschärfe oder Maße zum UFOV und zu visuellen Feldern. Eine Diskriminanzanalyse mit den prädiktivsten Variablen aus jedem Bereich (Purdue Pegboard Test, Zahlen-Symbol-Test, Kontrastsensitivität) führte im Hinblick auf das Bestehen der Fahrverhaltensprobe zu einer sehr hohen Sensitivität<sup>8</sup> von 94% für die Kontrollgruppe und 73% für die Patienten, die sich durch das Hinzuziehen der Variable Erkrankungsdauer auf 91% erhöhte. Die Spezifität war allerdings weniger zufriedenstellend, sie lag für die Kontrollgruppe bei 60%, für die Patienten bei 64%, unter zusätzlicher Berücksichtigung der Erkrankungsdauer bei 71%. Da die Autoren die Korrelationen zu den einzelnen Testverfahren leider nicht getrennt für Patienten und Kontrollen angeben, bleibt unklar, ob die verschiedenen Parameter in den beiden Gruppen eine unterschiedliche Rolle spielten.

Bei den Studien von Radford et al. (2004) und Worringham et al. (2006) handelte es sich, soweit bekannt, um die bis dato einzigen, die den Einfluss der für Parkinson-Patienten typischen exekutiven und mnestischen Dysfunktionen (s. Abschnitt 3.2.2.1) auf deren Fahrleistung prüften.

In einer neueren Studie beabsichtigten Stolwyk et al. (2005), den Einfluss von internalen und externalen Cues auf die Fahrleistung zu überprüfen (siehe zu Parkinson-assoziierten Defiziten beim internalen Cueing auch Abschnitt 3.2.2.1). Durch die Variation von internalen und externalen Cues wollten sie die kognitiven Anforderungen der Fahraufgabe manipulieren. Zusätzlich sollte durch die Variation der Richtung (links vs. rechts) und der Krümmung von Kurven (stark vs. schwach) untersucht werden, inwiefern Parkinson-Patienten ihr Fahrverhalten an externe Bedingungen anpassen können. Die Hypothese der Autoren war, dass Parkinson-Patienten weniger vom internen Cueing, aber stärker von externen Cues profitieren als gesunde Kontrollpersonen.

Die unabhängigen Variablen Gruppe (Parkinson-Patienten vs. Kontrollgruppe), internes Cueing (möglich vs. nicht<sup>9</sup>), externe Cues (vorhanden vs. nicht<sup>10</sup>) waren hier fast durchwegs mit einer veränderten Geschwindigkeit verbunden: So fuhren Parkinson-Patienten langsamer als Kontrollpersonen, während das Vorhandensein internaler wie externaler Cues eher mit höheren Geschwindigkeiten assoziiert war. Da aber fast alle übrigen von den Autoren als Fahrleistungsindikatoren herangezogenen Parameter (wie z.B. der Punkt der ersten Verzögerung beim Abbremsen, die Variabilität der Geschwindigkeit in Kurven oder die Anpassung der lateralen Position an die Krümmung von Kurven zum Ausgleich der Zentrifugalkraft) naturgemäß stark geschwindigkeitsabhängig und damit interkorreliert sind, liegt höchstwahrscheinlich eine Konfundierung der Wirkung der unabhängigen Variablen mit einem veränderten Geschwindigkeitsverhalten vor. So interpretierten die Autoren bspw. den Befund, dass Parkinson-Patienten ihre laterale Position - zum Ausgleich der Zentrifugalkraft - weniger an die Krümmung und die Richtung einer Kurve anpassten, als defizitäre Abstimmung des Fahrverhaltens auf die Umgebungsbedingungen. Da die Patienten aber langsamer fuhren als die Kontrollgruppe, ist diese Schlussfolgerung nicht gerechtfertigt. Denn eine geringere Fahrleistung ist naturgemäß mit einer schwächeren Zentrifugalkraft verbunden, was wiederum eine *geringere* laterale Anpassung erfordert. Ebenso ist bei einem Bremsmanöver eine spätere Verzögerung bei einer geringeren Annäherungsgeschwindigkeit nicht als Leistungsdefizit zu werten. Die einzigen wirklichen Indikatoren einer guten Fahrleistung waren die Standardabweichung der Querabweichung (Standard Deviation of Lane Position, SDLP) in Kurven und der Haltepunkt beim punktgenauen Bremsen. Hier resultierten auch Parkinson-assoziierte Beeinträchtigungen i.S. von Haupteffekten (s. Abschnitt 4.1): die Spurhaltung der

<sup>8</sup> Anders als üblich beziehen die Autoren den Ausdruck Sensitivität auf das Bestehen der Fahrverhaltensprobe. Die Spezifität bezieht sich hier auf die Fahrer, welche die Fahrverhaltensprobe *nicht* bestanden hatten.

<sup>9</sup> Internales Cueing wurde durch das vorherige Lernen der Strecke anhand einer Landkarte operationalisiert.

<sup>10</sup> Bei externalen Cues handelte es sich um Hinweisschilder bzw. Warnhinweise, die während der Fahrt gegeben wurden.

Patienten war schlechter (höhere SDLP) und sie kamen an einem späteren Punkt zum Stehen. Allerdings erwies sich die SDLP als unabhängig von internalen und externalen Cues und die Analysen zum Haltepunkt ergaben sogar, dass sich das Fehlen internaler wie externaler Cues bei Parkinson-Patienten *stärker* leistungsbeeinträchtigend auswirkte. Das spricht wiederum dafür, dass die Patienten sowohl von externen als auch internen Cues *mehr* profitierten als die Kontrollgruppe. Dieser Effekt mag aber auch darauf zurückgehen, dass die Kontrollgruppe ohnehin rechtzeitig zum Stehen kam und ihre Leistung (i.S. eines Deckeneffekts) durch externe oder interne Cues kaum mehr verbessern konnte.

Insgesamt können aus den von Stolwyk et al. (2005) berichteten Befunden kaum abgesicherte Aussagen zur Wirkung externaler oder internaler Cues auf die Fahrleistung von Parkinson-Patienten im Vergleich zu gesunden Testfahrern getroffen werden. Insbesondere die Schlussfolgerungen, dass Parkinson-Patienten ihr Fahren weniger gut an externe Bedingungen anpassen können und dass kognitive Leistungsdefizite die Fahrleistung der Patienten schon in frühen Stadien der Erkrankung beeinträchtigen, erscheinen aus diesen Analysen heraus unzulässig. Die Daten belegen aber deutlich eine langsame und vorsichtige Fahrweise der Patienten i.S. einer Kompensation (s. nächster Abschnitt), wobei die beobachteten Defizite (SDLP, punktgenaues Bremsen) eher psychomotorisch als kognitiv bedingt zu sein scheinen.

Die üblichen Testverfahren der Fahreignungsdiagnostik wurden bisher nur von Heikkilä et al. (1998) bei Parkinson-Patienten angewandt. Auch sie lieferten - wie bereits berichtet - Hinweise auf fahrrelevante Funktionsdefizite im Rahmen der Parkinson-Erkrankung: Die Patienten schnitten in allen Verfahren schlechter ab als die Kontrollgruppe (s. Abschnitt 4.1), wobei sich für die meisten Tests (perzeptive Flexibilität und Entscheidungen treffen, Vigilanz, komplexe Wahlreaktion, Informationsverarbeitung und reaktive Stresstoleranz) auch signifikante Zusammenhänge zur Fahrleistung (Anzahl Fahrfehler bzw. schwere Verstöße gegen die Straßenverkehrsordnung in der Fahrverhaltensprobe) zeigten. Diese Korrelationskoeffizienten lagen sogar in Bereichen zwischen .45 und .80. Nur die Leistung in einem Test zur optischen Merkfähigkeit korrelierte nicht mit der Fahrleistung.

Da sich (wie bereits erläutert) bei Heikkilä et al. (1998) keine Zusammenhänge zu den in einer neurologischen Untersuchung erfassten Merkmalen der Erkrankung (Erkrankungsdauer, Hoehn & Yahr-Stadium, MMSE-Score) nachweisen ließen, erklärt sich auch ihr Befund, dass das Urteil eines Psychologen (basierend auf den Testleistungen) besser mit dem Fahrlehrerurteil (basierend auf der Fahrverhaltensprobe) übereinstimmte als das eines Neurologen. Letzterer tendierte dazu, die Fahrtauglichkeit der Patienten zu überschätzen. Dies ist insbesondere deshalb als kritisch anzusehen, da entsprechend den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) die Beurteilung der Fahrtauglichkeit größtenteils den Neurologen obliegt (s. Abschnitt 5).

Insgesamt ist eine abgesicherte Aussage zum Einfluss Parkinson-assoziiierter kognitiver Defizite auf die Fahrleistung bisher nicht möglich. Die MMSE erscheint nur wenig aussagekräftig und führte zudem zu inkonsistenten Befunden. Die Ergebnisse der Testbatterien von Heikkilä et al. (1998), Radford et al. (2004) und Worringham et al. (2006) können nur schwer verglichen werden, da sehr unterschiedliche Testverfahren zum Einsatz kamen. Lediglich der Stroop-Test als Verfahren zur Prüfung exekutiver Fähigkeiten wurde sowohl von Radford et al. (2004) als auch von Worringham et al. (2006) angewendet. Beide Studien konnten aber diesbezüglich keinen bedeutsamen Zusammenhang zur Fahrleistung herstellen, was für eine untergeordnete Bedeutung der durch diesen Test messbaren Fähigkeiten spricht. Ferner erscheint problematisch, dass viele der angewandten Testverfahren nicht rein kognitive Parameter erfassen, sondern häufig auch motorische Komponenten enthalten (z.B. Trailmaking Tests), so dass kognitive und motorische Defizite nur schwer voneinander abgegrenzt werden können. Insgesamt erlauben die wenigen Studien auch keine Aussage darüber, ob spezifische

neuropsychologische Verfahren oder die klassischen Tests der Fahreignungsdiagnostik zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten besser geeignet sind. Darüber hinaus wird die Aussagekraft von Leistungstests bei neurologischen Patienten und älteren Fahrern im Allgemeinen zunehmend hinterfragt, da diese die Möglichkeit der Kompensation von funktionellen Leistungsdefiziten im praktischen Fahrverhalten nicht berücksichtigen (s. Abschnitt 2.3.2).

Da die Bedeutung von *Tagesmüdigkeit und plötzlichen Einschlafereignissen* für die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten erst seit dem Bericht von Frucht et al. (1999) thematisiert wurde, wurden diese Phänomene bisher auch noch nicht auf ihren Zusammenhang zur Fahrleistung untersucht. So liegen vorwiegend Prävalenzschätzungen für Einschlafereignisse am Steuer aus epidemiologischen Untersuchungen vor, die zwischen 1% und 28% variieren (Hobson et al., 2002; Ondo et al., 2001; Paus et al., 2003; Schlesinger & Ravin, 2003; Tan et al., 2002). Nur Möller et al. (2002) untersuchten sechs Parkinson-Patienten, die unter SOS litten, im Schlaflabor und in der Fahrsimulation. Auch hier zeigten sich deutliche Beeinträchtigungen in der Querführung (SDLP), wobei die Vigilanz während der Fahraufgabe bzw. die Fahrleistung nicht durch klassische schlafmedizinische Verfahren prädiagnostiziert werden konnte. Allerdings lagen in dieser Pilot-Studie weder Vergleichsdaten zu einer gesunden Kontrollgruppe noch zu Parkinson-Patienten ohne SOS vor.

### 4.3 Selbsteinschätzung und Kompensation

Hinsichtlich der *Selbsteinschätzung* der eigenen Fahrleistung lieferten die bisherigen Studien wiederum ein sehr einheitliches und abermals negatives Bild: Die Patienten scheinen nicht in der Lage zu sein, ihre eigene Fahrleistung adäquat zu beurteilen.

So zeichneten sich die Patienten in der Fahrverhaltensprobe bei Heikkilä et al. (1998) durch eine Überschätzung ihrer eigenen Leistung aus. Keiner der sieben vom Fahrlehrer als fahrtauglich beurteilten Patienten hielt sich auch selbst für fahrtauglich, sie unterschieden sich in ihrer Einschätzung nicht von den als fahrtauglich eingestuften Patienten.

Ebenso fanden Zesiewicz et al. (2002) in ihrer Fahrsimulationsstudie keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl von Kollisionen und der subjektiven Fahrfähigkeit der Patienten.

Bei Wood et al. (2005) schätzten die Patienten zwar ihre Fahrfähigkeiten verglichen mit einem durchschnittlichen Fahrer signifikant geringer ein als die Kontrollgruppe, dennoch beurteilten sie die Fahrverhaltensprobe nicht als schwieriger. Vor allem aber fand sich in der Fahrverhaltensprobe kein Zusammenhang zwischen ihrer subjektiven und objektiven Fahrsicherheit - allerdings weder für die Patienten noch für die Kontrollpersonen.

Dies entspricht auch dem bekannten Befund, dass ältere Fahrer generell dazu neigen, ihre Fahrleistung zu überschätzen. So stieg bspw. in einer Studie von Hürlimann und Hebenstreit (1975, zitiert nach Dahmen-Zimmer et al., 1999) der Anteil an subjektiv „überdurchschnittlichen Fahrern“ mit zunehmendem Alter von 71% (bei bis 35-jährigen) auf 91% (bei über 55-jährigen) an. In einer weiteren Studie glaubten 44% einer Stichprobe von über 70-jährigen etwas bessere und 24% viel bessere Fahrer zu sein als andere Personen gleichen Alters; die übrigen 32% hielten sich zumindest für genauso gut (Marottoli, Cooney, Wagner, Doucette & Tinetti, 1994). In einer neueren Studie zur Selbsteinschätzung älterer Fahrer gaben 65% an, eine anschließende Fahrt im Simulator besser bewältigen zu können als andere in ihrem Alter. Weitere 32% glaubten, zumindest genauso gut abzuschneiden. Nur 3% räumten ein, dass sie eine schlechtere Leistung erbringen würden. In der anschließenden, 30-minütigen Teststrecke im Fahr Simulator erwiesen sich dann 50% der subjektiv „deutlich besseren“ Fahrer sowie 53% der „etwas besseren“ als fahrunsicher (Freund, Colgrove, Bukre & McLeod, 2005). Das Risiko für eine (objektiv) sicherheitskritische Fahrweise war bei den „etwas besseren“ Fah-

ren viermal so hoch wie bei Fahrern, die von sich höchstens eine vergleichbar gute Leistung wie von anderen Personen ihrer Altersgruppe erwarteten. Möglicherweise gewichtet der ältere Fahrer seine Fahrerfahrung (i.S. einer Überkompensation) deutlich stärker als seine altersbedingten Leistungsdefizite.

Von *Kompensation* wird in der Gerontologie dann gesprochen, wenn alterskorrelierte Funktionsdefizite die Leistung in Alltagsaktivitäten in geringerem Maße beeinflussen als man aufgrund von Laborexperimenten erwarten könnte (vgl. Salthouse, 1990, zitiert nach Hakamies-Blomqvist, 1994). Beim älteren Fahrer ist der enorme Einfluss von kompensatorischen Bemühungen auf die Fahrleistung nahezu unbestritten. Insgesamt besteht Einigkeit darüber, dass alterskorrelierte Beeinträchtigungen zumindest bis zum Alter von etwa 70 Jahren im Fahrverhalten recht gut kompensiert werden (vgl. Pfafferott, 1994; Schlag, 1994; Weinand, 1997). Schubert und Wagner (2003) betonen: „Nicht das körperliche, geistige einschließlich psychophysische Defizit charakterisiert einen Menschen, sondern die Art und Weise, wie er im Rahmen des Straßenverkehrs damit umgeht“ (S. 126). Und auch in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) wird der Kompensation (wie unter 2.2.1 eingehend erläutert) eine zentrale Bedeutung beigemessen. So muss die Begutachtung der Kraftfahrereignung obligatorisch Kompensationsqualitäten berücksichtigen (vgl. Winkler, 2005). Im Hinblick auf kompensatorische Mechanismen beim Autofahren wird üblicherweise auf ein Modell von Michon Bezug genommen, das die Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr als eine hierarchisch geordnete Verbindung von Teilaufgaben auf drei Ebenen versteht (Michon, 1985, zitiert nach Pfafferott, 1994):

- Die *strategische Ebene* bezieht sich auf längerfristige Entscheidungen, die schon *vor der Fahrt* getroffen werden, wie z.B. die Wahl der Route oder der Tageszeit; aber auch die Entscheidung, das Fahren aufzugeben bzw. die Verkehrsbeteiligung insgesamt finden auf der strategischen Ebene statt.
- Bei der *taktischen Ebene* steht die Anpassung der Fahrweise an den Straßenverlauf und den Verkehr im Vordergrund. Es geht also um Entscheidungen, die *während der Fahrt* getroffen werden, wie z.B. die Wahl der Geschwindigkeit oder des Abstands zum Vordermann.
- Die *operationale Ebene* betrifft schließlich die *unmittelbarsten* Fahraufgaben der Fahrzeugstabilisierung, also Handlungen, die innerhalb von Sekunden verrichtet werden müssen, wie z.B. das Reagieren auf plötzliche Hindernisse oder die Spurhaltung.

Laut Pfafferott (1994) finden Kompensationsmechanismen älterer Fahrer v.a. auf taktischer und strategischer Ebene statt, während sich alterskorrelierte Schwierigkeiten primär auf der operationalen Ebene zeigen.

Direkt untersucht wurden kompensatorische Bemühungen älterer Fahrer bisher allerdings kaum.

Weinand (1997) hat in einer Untersuchung zu Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer mit Leistungsdefiziten die amtliche Unfallstatistik sowie die einschlägige Fachliteratur ausgewertet und das in der Obergutachterstelle von Nordrhein-Westfalen vorhandene Datenmaterial aus psychologischen Eignungsbegutachtungen (Befunde aus Leistungstests, Persönlichkeitstests, Fahrverhaltensproben und Explorationsdaten) von 150 älteren, männlichen Kraftfahrern mit psychisch-funktionalen Leistungsdefiziten einer Sekundäranalyse unterzogen. Diese Analysen wiesen ebenfalls darauf hin, dass ältere Fahrer v.a. durch die Vermeidung von ungünstigen Verkehrssituationen (strategische Ebene) und eine vorausschauende Fahrweise (taktische Ebene) alterskorrelierte Beeinträchtigungen kompensieren können. Wesentliche Faktoren für ein angemessenes Kompensationsverhalten waren eine selbstkritische Haltung gegenüber den eigenen Schwächen und Problemen, eine geringe Risikobereitschaft,

Verkehrserfahrung und auch die affektive Struktur der Persönlichkeit. Allerdings wurde Kompensation hier nicht direkt erfasst, sondern aus einer guten Leistung in der Fahrverhaltensprobe erschlossen (gute Gesamtleistung, kein Rotlichtfehler, keine Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer). Inwiefern im Rahmen der Fahrverhaltensprobe tatsächlich kompensatorische Bemühungen (i.S. einer vorausschauenden Fahrweise) gezeigt wurden, bleibt unklar.

Hakamies-Blomqvist (1994) wies (anhand einer Analyse aller tödlichen Verkehrsunfälle privater Autofahrer in Finnland zwischen 1984 und 1990) für ältere Fahrer einen geringeren Anteil an Unfällen unter schwierigen externalen Bedingungen (nachts, schlechtes Wetter, schlechte Straßenbedingungen) nach, was sie i.S. einer erfolgreichen Vermeidungs-Strategie (situation-creating) interpretierte. Ebenso zeigte sich für ältere Fahrer kein erhöhter Verschuldungsanteil in diesen schwierigen Situationen, was auf eine erfolgreiche Kompensation auch im Umgang (situation-coping) mit schwierigen Bedingungen hinweist (z.B. durch langsameres Fahren i.S. einer taktischen Kompensation).

DeRaedt und Ponjaert-Kristoffersen (2000) zeigten, dass Personen, die in einer Fahrverhaltensprobe schlecht abschnitten, aber in den letzten zwölf Monaten keinen Verkehrsunfall verursacht hatten, sowohl auf taktischer (Beobachtungsdaten aus der Fahrprobe) als auch auf strategischer Ebene (subjektiv erfragt) stärker kompensierten als „schlechte“ Fahrer mit Verkehrsunfall.

Bei Parkinson-Patienten wird die Möglichkeit der Kompensation zwar von einigen Autoren eingeräumt, empirisch untersucht wurde sie aber bisher nicht. Schon Ritter und Steinberg nahmen im Jahr 1979 an, dass die von ihren Patienten berichteten, selbst auferlegten Beschränkungen (besonders vorsichtig fahren, nur kurze Strecken fahren) wesentlich zu deren (damals) geringer Anzahl von Verkehrsauffälligkeiten beitrugen. Auch die Befragungsdaten von Dubinsky et al. (1991) und Adler et al. (2000) wiesen auf kompensatorische Bemühungen der Patienten sowohl auf taktischer als auch auf strategischer Ebene hin. So fuhren die Patienten verglichen mit den Kontrollpersonen weniger, langsamer und vermieden eher die Rush-Hour, Nachtfahrten und Fahrten ohne Beifahrer. Und auch in den Simulations-Studien von Lings und Dupont (1992) sowie Stolwyk et al. (2005) zeichneten sich die Parkinson-Patienten durch eine langsamere Fahrweise aus. Ferner räumen auch Heikkilä et al. (1998) zumindest die Möglichkeit einer Kompensation ein. Wood et al. (2005) vertreten hingegen einen sehr drastischen Standpunkt: „It is unrealistic to expect individuals, particularly those with PD, to be aware that their driving is becoming unsafe and to adopt compensatory behaviours“ (S. 180). Schrag (2005) und Stolwyk et al. (2005) sind der Meinung, dass die Frage, ob die Fahrleistung von Parkinson-Patienten durch kompensatorische Strategien verbessert werden kann, empirisch untersucht werden sollte.

## 5 AKTUELLE RECHTLICHE GRUNDLAGEN ZUR FAHR- TAUGLICHKEIT BEI M. PARKINSON

Entsprechend der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) liegt bei Parkinson-Patienten keine Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen der Gruppe 2 vor. Der Leitsatz zum Führen von Kraftfahrzeugen der Gruppe 1 lautet wie folgt:

„Die Fähigkeit, Kraftfahrzeuge der Gruppe 1 sicher zu führen, ist nur bei erfolgreicher Therapie oder in leichteren Fällen der Erkrankung gegeben. Sie setzt die nervenärztliche/ neurologische und, je nach den Umständen, psychologische Zusatzbegutachtung voraus. Nachuntersuchungen in Abständen von 1, 2 und 4 Jahren sind je nach den Befunden, die der Einzelfall bietet, zur Auflage zu machen.“ (BASt, 2000, S. 33)

Zudem wird darauf hingewiesen, dass die genannten Untersuchungen ggf. durch eine Fahrverhaltensbeobachtung ergänzt werden können.

Damit erscheint die Frage nach der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten auf den ersten Blick geregelt. Versucht man aber, diese Aussagen auf den Einzelfall anzuwenden, wird sehr schnell ersichtlich, dass es sich eben nur um vage Leitlinien handelt, die keine konkreten Kriterien oder Regeln zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit enthalten.

So bleibt unklar, was unter „leichteren Fällen“ oder einer „erfolgreichen Therapie“ zu verstehen ist, bzw. bei welchem Ausprägungsgrad der extrapyramidal-motorischen Symptome ein Entzug der Fahrerlaubnis gerechtfertigt ist. Ferner wird betont, dass die Beurteilung nicht allein von dieser Symptomgruppe abhängig gemacht werden darf, ohne zu spezifizieren, welche weiteren Aspekte heran zu ziehen sind. Die Problematik der Tagesmüdigkeit und die Möglichkeit der Trainierbarkeit bzw. der Vermittlung spezifischer kompensatorischer Strategien werden nicht angesprochen.

Besonders kritisch zu bewerten ist aber, dass trotz der sehr uneinheitlichen empirischen Evidenz zum Zusammenhang zwischen Fahrleistung und Schweregrad der Erkrankung (s. 4.2) die Krankheitsschwere noch immer das primäre Diagnosekriterium darstellt.

Im Hinblick auf den sedierenden Einfluss der Parkinson-Medikation verfügte die European Medicines Agency (EMA) im Februar 2002, dass Patienten unter jeglicher dopaminerger Medikation über die Gefahr plötzlicher Einschlafereignisse informiert werden müssen. Auf die aktive Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr muss nur dann verzichtet werden, wenn beim individuellen Patienten unter der gegebenen Medikation Tagesmüdigkeit oder plötzliches Einschlafen tatsächlich aufgetreten sind (vgl. Lachenmeyer, 2004).

## 6 ZUSAMMENFASSUNG, FAZIT UND HERLEITUNG DER EMPIRISCHEN FRAGESTELLUNG

Die Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) geben zwar insgesamt eine gute Orientierungshilfe bei der Beurteilung der Fahrtauglichkeit von chronisch kranken Menschen, bei der Anwendung auf den Einzelfall wird jedoch sehr schnell ersichtlich, dass es sich eben nur um Leitlinien handelt und ein Mangel an konkreten Kriterien besteht.

Dass die Parkinson-Erkrankung zu Beeinträchtigungen in der Fahrleistung führt, ist hinreichend belegt. Alle dazu vorliegenden Studien bestätigen dies anhand von Unfallstatistiken, Fahrverhaltensproben und verkehrsrelevanten Leistungstests. Somit unterstreichen die Befunde die Notwendigkeit einer objektiven Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Patienten - vor allem weil die subjektive Einschätzung der Patienten, wie in den einschlägigen Studien durchgängig belegt wurde, kein zuverlässiges Kriterium ihrer Fahrleistung darstellt. Dass also - im Sinne der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000, S. 13) - im Verlauf der Erkrankung „beim Führen eines Kraftfahrzeugs eine Verkehrsgefährdung zu erwarten ist“, ist unbestritten. Spätestens seit 1999 ist der Gefährdungssachverhalt nicht nur durch die empirisch nachgewiesenen Leistungsdefizite in Fahrverhaltensproben und fahrrelevanten Leistungstests zu rechtfertigen, sondern auch durch die Möglichkeit plötzlicher Einschlafereignisse, also „die Gefahr des plötzlichen Versagens der körperlich-geistigen (psychischen) Leistungsfähigkeit“ (BASt, 2000, S. 13). Allerdings belegen die bisherigen Studien eine hohe interindividuelle Variabilität zwischen den Patienten. Vor allem zu Beginn der Erkrankung sind die Beeinträchtigungen noch nicht so stark ausgeprägt, dass die Anforderungen beim Führen eines Kraftfahrzeugs nicht mehr bewältigt werden könnten. Des Weiteren leiden zwar viele, aber keineswegs alle Patienten unter Tagesmüdigkeit und SOS. So stellt sich unmittelbar die Frage nach Parkinson-spezifischen „Tatsachen“, welche die „Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Schädigungsereignisses“ (vgl. BASt, 2000, S. 13) beim Einzelfall begründen.

Genau in diesem Punkt liegt aber die Schwierigkeit: So wie es ein konkret operationalisierbares Kriterium, anhand dessen sich Fahreignung im Allgemeinen messen oder quantifizieren lässt, nicht gibt, ist es auch bisher nicht gelungen, Parameter oder Merkmale zu identifizieren, anhand derer die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten zuverlässig beurteilt werden kann. Dies betrifft insbesondere die Krankheitsschwere, auch wenn sie in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) das primäre Diagnose-Kriterium darstellt. Der Schweregrad der Erkrankung kann zwar anhand verschiedenster Skalen gemessen werden, ist aber entsprechend der vorhandenen Literatur nicht konsistent mit der Fahrleistung der Patienten korreliert.

Auch zu den mit der Erkrankung einhergehenden fahrrelevanten kognitiven Beeinträchtigungen liefert die bisherige empirische Evidenz kein einheitliches Bild. Zwar wird in der Literatur die Berücksichtigung kognitiver Defizite betont (Borromei et al., 1999), konsistente Zusammenhänge zur Fahrleistung konnten aber - wie für die Krankheitsschwere - nicht bestätigt werden. Die von Borromei et al. (1999) vorgeschlagenen Kriterien, dass eine Fahrerlaubnis nur bis zum Stadium 2.5 einer von ihnen modifizierten Hoehn & Yahr-Skala und einem Minimalwert von 24 in der MMSE<sup>11</sup> zuzugestehen ist, müssen daher als unzureichend angesehen werden. In den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) werden kogni-

---

<sup>11</sup> Die Autoren fordern weiter, dass für Parkinson-Patienten eine um vier Jahre niedrigere Altersbefristung als für die Gesamtbevölkerung angewandt werden sollte. Da eine solche aber in Deutschland nicht existiert, soll auf dieses Kriterium hier nicht näher eingegangen werden. In Italien muss die Fahrerlaubnis ab einem Alter von 65 Jahren alle zwei Jahre erneuert werden.

tive Beeinträchtigungen bisher nicht explizit thematisiert, es wird lediglich darauf hingewiesen, dass nicht allein die motorischen Symptome zur Begutachtung herangezogen werden sollten. Zwar ist mit großer Sicherheit davon auszugehen, dass im Falle einer Demenz keine Fahrtauglichkeit mehr gegeben ist, der Einfluss kognitiver Defizite bei nicht-dementen Patienten bedarf aber einer weiteren Klärung.

Lachenmeyer (2000) macht deutlich, dass die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten auch durch die bei M. Parkinson weit verbreitete Tagesmüdigkeit und die sedierende Wirkung der dopaminergen Medikation beeinträchtigt wird. Da diesbezüglich aber noch fast keine empirischen Daten vorliegen, ist hier zunächst der Problemstand weiter zu klären:

- Treten Einschlafereignisse am Steuer bei Parkinson-Patienten so häufig auf, dass sie einen Risikofaktor für die Verkehrssicherheit darstellen?
- Sind Tagesmüdigkeit und SOS mit einer erhöhten Unfallbelastung verbunden?
- Wirkt sich Tagesmüdigkeit allgemein beeinträchtigend auf die Fahrleistung von Parkinson-Patienten aus?
- Muss unterschieden werden zwischen subjektiv völlig unerwarteten Einschlafereignissen und solchen, die sich subjektiv durch Müdigkeit ankündigen?
- Sind die Patienten ebenso wenig in der Lage, ihren eigenen Zustand einzuschätzen, wie sie ihre eigene Leistung beurteilen können?

Vor allem aber ist zu klären, wie die in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BAST, 2000) geforderte Kompensationsfrage zu beantworten ist. Dies ist insbesondere deswegen schwierig, weil Kompensation in den Begutachtungs-Leitlinien nicht konkret operationalisiert wurde. Idealerweise sollte Kompensation in irgendeiner Weise messbar oder quantifizierbar sein und somit direkt untersucht werden können. Die bisherigen Studien lassen in jedem Fall vermuten, dass Parkinson-Patienten bemüht sind, erkrankungskorrelierte Defizite durch eine angepasste Fahrweise zu kompensieren. Unklar ist allerdings die Frage nach der Effektivität dieser kompensatorischen Bemühungen. So ist explizit zu prüfen, ob sie als bedeutsame Moderatoren auf den Zusammenhang zwischen erkrankungsbedingten Funktionsdefiziten und der praktischen Fahrleistung wirken oder nicht.

Die Klärung dieser Aspekte hat weit reichende Implikationen für die Entwicklung einer validen, auf den Einzelfall anwendbaren Diagnostik der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten. Die betrifft u.a. die Aussagekraft der standardmäßig eingesetzten Testverfahren der Fahreignungsdiagnostik. Im Falle einer nachweisbaren Effektivität kompensatorischer Bemühungen sollte eine verstärkte Betrachtung dieser Frage wegführen von einer rein defizit-orientierten Diagnostik hin zu Methoden, die eine Abschätzung des individuellen Potentials zur Förderung und zum Erhalt von Fahrtauglichkeit ermöglichen.

Insgesamt ergibt sich also aus der aktuellen rechtlichen Lage und der bisherigen empirischen Evidenz ein großer Forschungs- und Handlungsbedarf im Hinblick auf die Diagnostik der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson. Um diesem gerecht zu werden bzw. um die Bedeutung Parkinson-assoziiierter Funktionsdefizite für die Verkehrssicherheit zu prüfen, bieten sich grundsätzlich zwei methodische Ansätze an: zum einen der epidemiologische, zum anderen der (quasi-)experimentelle. Während im epidemiologischen Ansatz die Exposition, d.h. die Beteiligung am motorisierten Straßenverkehr, und die tatsächliche Unfallbelastung als zentrale Größen gelten, werden im (quasi-)experimentellen Ansatz fahrrelevante Leistungen von Parkinson-Patienten (in psychometrischen Leistungstests, in der Fahrsimulation oder im Realverkehr) mit denen gesunder Testfahrer verglichen und daraufhin bewertet, ob eine Gefähr-

derung des Verkehrs zu erwarten bzw. (bei Versuchen im Realverkehr) nachweisbar ist. Beide Ansätze sollten im Rahmen der vorliegenden Arbeit verfolgt werden.

Entsprechend dem epidemiologischen Ansatz wurde zunächst anhand einer großen Stichprobe von Parkinson-Patienten das Ausmaß der Problematik abgeschätzt. Dazu wurden anhand der *Fragebogendaten der dPV-Befragung 2000* Informationen über

- die Verkehrsbeteiligung (Wie viele der Patienten nehmen aktiv am Straßenverkehr teil? Welche Faktoren führen zu einem Mobilitätsverzicht?),
- die Unfallbelastung und
- die Prävalenz plötzlicher Einschlafereignisse am Steuer

gewonnen.

Dass das Unfallrisiko von Parkinson-Patienten im Vergleich zu gesunden Personen erhöht ist, haben bereits Dubinsky et al. (1991) und Adler et al. (2000) gezeigt. Gleiches gilt für einen Zusammenhang zum Ausmaß ihrer motorischen Beeinträchtigungen. Dieser Zusammenhang zum Schweregrad der Erkrankung sollte durch die vorliegende Arbeit repliziert werden. Zudem sollte aber erstmalig auch die Bedeutung von Tagesmüdigkeit und plötzlichen Einschlafereignissen als potentielle Risikofaktoren epidemiologisch untersucht werden. Mangels einer gesunden Kontrollgruppe konnte anhand der Fragebogendaten leider nicht bestimmt werden, ob das Unfallrisiko von Parkinson-Patienten insgesamt erhöht ist. Grundsätzlich möglich ist aber z.B. ein Vergleich mit den am Statistischen Bundesamt vorhandenen Daten zur Unfallbelastung der Gesamtbevölkerung - zumindest so weit die dortigen Angaben mit den Fragebogen-Items übereinstimmen.

Wie unter Abschnitt 3.2.2.2 eingehend erläutert, wird mittlerweile in der Literatur mehrheitlich die Meinung vertreten, dass die plötzlichen Einschlafereignisse bei Parkinson-Patienten keine „Schlafattacken“ im eigentlichen Sinne darstellen, sondern vor dem Hintergrund einer erhöhten Tagesmüdigkeit und einer dadurch bedingten Fehleinschätzung der eigenen Wachheit geschehen. Diese Hypothese wurde auch durch die dort berichteten Analysen der dPV-Befragung 2000 zu plötzlichen Einschlafereignissen am Tage und deren Prädiktoren unterstützt.

Im Rahmen des empirischen Teils der vorliegenden Arbeit sollten nun auch die *Interview-Daten der dPV-Befragung 2000* auf diese Hypothese getestet werden. In ausführlichen Telefoninterviews waren kleinere Stichproben von Patienten (basierend auf ihren Angaben im Fragebogen) retrospektiv zu kritischen Verkehrssituationen befragt worden. Hier wurde der (quasi-)experimentelle Untersuchungsansatz verfolgt, indem plötzliche Einschlafereignisse am Steuer mit und ohne eine vorher wahrgenommene Müdigkeit miteinander verglichen wurden. Sollten hier im Hinblick auf situative Bedingungen, Hergang und Konsequenzen der Episoden keine Unterschiede nachweisbar sein, würde dies die Hypothese einer Fehleinschätzung der eigenen Wachheit weiter unterstützen. Zusätzlich sollten im Rahmen dieser Telefoninterviews aber auch differenzierende Merkmale im Hinblick auf situative Bedingungen, Hergang und Konsequenzen zwischen plötzlichen Einschlafereignissen am Steuer und nicht-müdigkeitsbedingten Verkehrsunfällen identifiziert werden. Insbesondere galt es, Informationen darüber zu gewinnen, wie der „typische Unfall“ eines Parkinson-Patienten zu beschreiben ist. Dazu waren der einschlägigen Fachliteratur bis dato keinerlei Erkenntnisse zu entnehmen.

Basierend auf den resultierenden Befunden sollte schließlich ein Versuchsplan für eine prospektive, quasi-experimentelle Betrachtung des Fahrverhaltens von Parkinson-Patienten formuliert werden. Im Rahmen einer *Fall-Kontroll-Studie im Würzburger Fahr Simulator* sollte dabei die Fahrleistung der Patienten mit der Fahrleistung gesunder Personen verglichen werden. Gerade zum Vergleich mit gesunden Fahrern konnten anhand der Daten der dPV-

Befragung 2000 mangels einer gesunden Kontrollgruppe leider keine Aussagen getroffen werden.

Falls durch die Daten dPV-Befragung ein bedeutsamer Einfluss von Tagesmüdigkeit und SOS auf die Unfallbelastung der Patienten nachgewiesen wurde, sollten diese Phänomene auch in der Fall-Kontroll-Studie explizit thematisiert werden. In jedem Fall war aber der Zusammenhang zur Krankheitsschwere erneut zu prüfen, um eine Erklärung für die inkonsistenten Befunde der Literatur zu finden. Zudem sollte hier dem Nachteil der dPV-Befragung 2000, dass die Krankheitsschwere nur subjektiv und (aufgrund der großen Stichprobe) nicht durch einen neurologischen Facharzt eingestuft wurde, Rechnung getragen werden. Kognitive Defizite sollten ebenfalls kontrolliert werden.

Der Vorteil der Simulation liegt v.a. darin, dass gefährliche Situationen gezielt und ohne eine Gefährdung der Probanden hergestellt werden können. Insbesondere erlaubt dies auch, Bedingungen zu realisieren, die kompensatorische Bemühungen verhindern oder erschweren. Da der Kompensationsfrage laut der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) eine entscheidende Bedeutung zukommt, sich in der Literatur dazu aber speziell im Hinblick auf die Parkinson-Erkrankung nur äußerst spärliche Informationen finden, sollte die Frage nach dem Einsatz und dem Nutzen kompensatorischer Bemühungen in der Fall-Kontroll-Studie explizit gestellt werden. Vor allem wurde angestrebt, Kompensation konkret zu operationalisieren und damit messbar zu machen.

Schließlich galt es, die konsistent berichteten Befunde zur mangelhaften Einschätzung der eigenen Fahrleistung von Parkinson-Patienten zu replizieren.

Zusammenfassend sollten durch diese eigenen empirischen Arbeiten also

- (1) der Problemstand bzw. mit der Parkinson-Erkrankung assoziierte Beeinträchtigungen (i.S. eines Dilemmas zwischen Mobilitätsbedürfnis der Patienten und Sicherheitsanspruch der Gesellschaft) bestätigt werden,
- (2) die Rolle motorischer und kognitiver Symptome erneut, die Rolle aktivationaler erstmalig überprüft werden sowie
- (3) neben der subjektiven Einschätzung auch
- (4) der Einsatz und der Nutzen kompensatorischer Bemühungen im praktischen Fahrverhalten von Parkinson-Patienten untersucht werden und schließlich
- (5) wesentliche Implikationen für die Diagnostik der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten herausgearbeitet werden.

## 7 VERKEHRSBEZOGENE FRAGEBOGEN- UND INTERVIEWDATEN DER DPV-BEFragung 2000

Wie bereits unter Abschnitt 3.2.2.2 geschildert, handelte es sich bei der dPV-Befragung 2000 um eine umgehende Reaktion der dPV auf den Bericht von Frucht et al. (1999) über acht Parkinson-Patienten, die durch Schlafattacken am Steuer Verkehrsunfälle verursacht hatten. Diese von der dPV initiierte Fragebogen- und Interviewstudie war die weltweit größte Untersuchung zu plötzlichen Einschlafereignissen bei Parkinson-Patienten. Sie wurde am IZVW in Zusammenarbeit mit der Klinik für Neurologie und der Klinik für Innere Medizin der Universität Marburg durchgeführt. Während die Befunde zu plötzlichen Einschlafereignissen am Tage und deren Prädiktion bereits in Abschnitt 3.2.2.2 berichtet wurden, wird nun eine zusammenfassende Darstellung der wesentlichen verkehrsrelevanten Analysen und Befunde erfolgen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den Befunden, die für die anschließend beschriebene Fall-Kontroll-Studie grundlegend waren. Wie ebenfalls unter 3.2.2.2 berichtet, findet sich eine ausführliche Darstellung der verkehrsbezogenen Daten der dPV-Befragung 2000 auch bei Meindorfner et al. (2005).

### 7.1 Ziele und Fragstellung

Zunächst sollten anhand von Fragebogendaten Informationen über

- das Mobilitätsverhalten,
- die Unfallbelastung und entsprechende Risikofaktoren sowie
- die Prävalenz plötzlicher Einschlafereignisse am Steuer

bei Parkinson-Patienten gewonnen werden.

Im Anschluss durchgeführte Telefoninterviews sollten einen Eindruck davon vermitteln, welche Arten von Verkehrsunfällen für Parkinson-Patienten typisch sind, aus welchen Situationen und Bedingungen heraus diese resultieren und mit welchen Konsequenzen sie verbunden sind. Insbesondere galt es, differenzierende Merkmale zwischen

- plötzlichen Einschlafereignissen am Steuer und nicht-müdigkeitsbedingten Verkehrsunfällen sowie
- plötzlichen Einschlafereignissen mit und ohne eine vorher wahrgenommene Müdigkeit

zu identifizieren.

### 7.2 Stichprobe und Methoden

Im Juli 2000 wurden unter dem Motto „Mobilität ist Lebensqualität“ 12 000 Fragebögen an die Mitglieder der deutschen Parkinson-Vereinigung verschickt. Die Rücklaufquote lag bei 63% (n=7 754). Analysiert wurden 6 620 vollständige Datensätze.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> 1 134 Fragebögen wurden aus verschiedenen Gründen von der Analyse ausgeschlossen (Fragebogen wurde unbearbeitet zurückgeschickt; Fragebogen wurde vom Lebenspartner/ Betreuer bearbeitet, Patient selbst war aber mittlerweile verstorben; die Diagnose M. Parkinson war nicht gesichert bzw. mittlerweile widerlegt worden).

Basierend auf den dort gemachten Angaben wurden anschließend 361 Patienten telefonisch interviewt.

40.1% der 6 620 Patienten waren weiblich, 59.9% männlich. Der Altersdurchschnitt lag bei 68.5 Jahren (SD=8.7, MD=69). Die Erkrankungsdauer betrug im Mittel 9.4 Jahre (SD =6.7; MD=8).

Die wichtigsten verkehrsbezogenen Items des 25-seitigen Fragebogens (s. dazu auch Körner et al., 2004) betrafen

- den Führerscheinbesitz, die aktuelle Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr (un- eingeschränkt vs. eingeschränkt/ nur wenn ich muss vs. Fahren aufgeben) und die jährliche Fahrleistung,
- die Unfallbelastung (Verwicklung und Verursachung in den letzten fünf Jahren) sowie
- SOS am Steuer (seit Erkrankungsbeginn).

Im Hinblick auf plötzliche Einschlafereignisse am Steuer wurde erfragt, ob diese mit oder ohne eine vorher wahrgenommene Müdigkeit aufgetreten waren und ob diese zu einem Unfall, zu einem Beinah-Unfall oder zu keiner kritischen Situation geführt hatten. SOS-bedingte Unfälle und Beinah-Unfälle sollten ggf. genauer beschrieben werden.

Als weitere Variablen für die nachfolgend beschriebenen Analysen wurde die Krankheits- schwere sowie der Score auf der (ebenfalls im Fragebogen enthaltenen) Epworth Sleepiness Scale (ESS, Johns, 1992) herangezogen.

Die Krankheitsschwere wurde subjektiv erfasst, indem die Patienten von fünf vorgegebenen Stadien-Beschreibungen (in Anlehnung an die Skala von Hoehn & Yahr, 1967) diejenige auswählen sollten, die am besten auf ihren Zustand zutraf. Für die weiteren Auswertungen wurden die Stadien 1 und 2 (keine bzw. leichte Behinderung durch die Parkinson- Erkrankung) sowie die Stadien 4 und 5 (schwere bzw. sehr schwere Behinderung durch die Parkinson-Erkrankung) zusammengefasst, so dass schließlich eine dreikategoriale Variable „subjektive Krankheitsschwere“ (leichte vs. mäßige vs. schwere Erkrankung) vorlag.

Ebenso wurde der ESS-Score in drei Kategorien unterteilt: bis zu 10 Punkten wurde von einem normalen Score, bei 11-15 Punkten von einem leicht erhöhten und ab 16 Punkten von einem auffälligen Score ausgegangen (vgl. Johns, 1992).

Für die im Zeitraum von Oktober 2000 bis April 2001 durchgeführten Telefoninterviews wurden schließlich drei Gruppen von Patienten ausgewählt:

- Zielgruppe 1 (ZG1): Patienten, die seit ihrer Erkrankung ein plötzliches Einschlafereignis am Steuer erlebt hatten, ohne vorher Müdigkeit verspürt zu haben („Schlafattacke“ am Steuer).
- Zielgruppe 2 (ZG2): Patienten, die seit ihrer Erkrankung ein plötzliches Einschlafereignis am Steuer erlebt hatten, sich aber vorher müde gefühlt hatten.
- Vergleichsgruppe (VG): Patienten, die in den letzten fünf Jahren in einen Verkehrsunfall verwickelt waren, aber seit ihrer Erkrankung noch nicht am Steuer eingeschlafen waren.

Die Zielgruppen wurden zu den berichteten Einschlafereignissen am Steuer, die Vergleichsgruppe zu ihren nicht-müdigkeitsbedingten Verkehrsunfällen befragt.

Laut der Angaben im Fragebogen erfüllten 153 Patienten die Kriterien für die Zugehörigkeit zur ZG1 und 204 Patienten die Kriterien für die Zugehörigkeit zur ZG2. In die VG konnten

504 Patienten eingeteilt werden. Geplant war, die ZG 1 vollständig auszuschöpfen und eine gleiche Anzahl zufällig ausgewählter ZG2- und VG-Patienten zu interviewen.

Die Verweigerungsquoten waren insgesamt sehr gering. Nur 6% der für das Interview in Frage kommenden Patienten hatte bereits im Fragebogen angegeben, dass eine erneute Kontaktaufnahme nicht erwünscht sei. Interviewt wurden insgesamt 79% von 457 kontaktierten Personen. Nur 8% verweigerten die Teilnahme ohne Angabe von Gründen. Bei den übrigen 12% wurde das Interview nicht durchgeführt, da die Patienten sich für ein solches zu schwach fühlten, mittlerweile verstorben waren, oder sich herausstellte, dass die Kriterien für ein Interview - entgegen der Angaben im Fragebogen - nicht erfüllt waren (z.B. Bericht eines plötzlichen Einschlafereignisses als Beifahrer anstatt als Fahrer oder eines Unfalls, der nicht im Rahmen einer Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr geschehen war). Da zudem einige Patienten telefonisch nicht zu erreichen waren, wurden insgesamt nur 71% aller ZG1-Patienten (n=108) interviewt (vs. 35% der ZG2-Patienten vs. 36% der VG-Patienten). Von diesen 361 Telefoninterviews wurden allerdings weitere 22 nicht in die Auswertung aufgenommen, da eine Zuordnung zu den Versuchsgruppen nicht möglich war. Zum einen konnten sich drei Patienten nicht mehr erinnern, ob sie sich vor dem Einschlafereignis müde gefühlt hatten oder nicht. Zum anderen gab es 19 Patienten, welche besonders außergewöhnliche Verkehrsunfälle bedingt durch Freezing bzw. eine Start-Stopp-Hemmung, einen epileptischen Anfall oder Ab-sence-ähnliche Zustände berichteten, die aufgrund ihrer Heterogenität mit den übrigen VG-Unfällen nicht vergleichbar erschienen und daher ausgeschlossen wurden.

Darüber hinaus mussten viele der verbleibenden 339 Patienten umgruppiert werden, da sie im Interview ihre ursprünglichen Angaben aus dem Fragebogen nicht bestätigten. Insbesondere betraf dies Patienten der ZG1, also Patienten, die laut Fragebogen eine „Schlafattacke“ am Steuer ohne vorherige Müdigkeit erlebt hatten. Fast zwei Drittel von ihnen (60%) berichteten im Verlauf des Telefonats, doch eine vorherige Müdigkeit wahrgenommen zu haben.<sup>13</sup> Innerhalb der ZG2 bestätigten immerhin 81% ihre ursprünglichen Angaben, so dass nur 10% der ZG1 und 9% der VG zugeordnet wurden. Schließlich räumten auch in der VG einige Patienten im Verlauf des Telefonats ein Einschlafereignis am Steuer ein und wurden nachträglich der ZG1 (6%) bzw. der ZG2 (11%) zugeordnet. Die letztendlich resultierenden ungleichen Zellbesetzungen (basierend auf einer Unterbesetzung der ZG1) sowie die zugehörigen Deskriptiva hinsichtlich Alter, Geschlecht und Erkrankungsdauer sind in Tabelle 7.2-1 dargestellt.

*Tabelle 7.2-1: Beschreibung der Interviewgruppen hinsichtlich Alter, Erkrankungsdauer und Geschlecht.*

| <b>Gruppe</b> | <b>N</b> | <b>Alter<sup>a</sup></b> | <b>Erkrankungsdauer<sup>a</sup></b> | <b>Anteil Frauen</b> |
|---------------|----------|--------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| <b>ZG1</b>    | 58       | M=63.2, SD=7.6           | M=9.1, SD=7.5                       | 21.8%                |
| <b>ZG2</b>    | 134      | M=59.3, SD=9.1           | M=8.0, SD=6.6                       | 15.6%                |
| <b>VG</b>     | 147      | M=65.4, SD=8.0           | M=6.4, SD=5.4                       | 18.4%                |

*Anmerkung.* Zur Erläuterung der Gruppen s. Text.

<sup>a</sup> Jeweils bezogen auf den Zeitpunkt des im Interview thematisierten Ereignisses.

Die Interviews selbst wurden von speziell geschulten Psychologen oder Psychologie-Studenten unter Verwendung eines 15-seitigen, halbstandardisierten Leitfadens (s. dazu auch Meindorfner et al., 2005) durchgeführt. Dieser Leitfaden enthielt u.a. Items zu

<sup>13</sup> Diese geringe Reliabilität der Angabe zur Wahrnehmung einer vorherigen Müdigkeit fand sich auch bei Paus et al. (2003), die eine ähnliche Fragebogen- und Interviewstudie in Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg durchführten. Nur 51% der Patienten, die im Fragebogen „Schlafattacken“ berichteten, bestätigten auch im Interview, dass diese ohne vorherige Müdigkeit bzw. ohne Warnhinweise aufgetreten waren.

- den Umständen des Ereignisses (Jahres- und Tageszeit, Wetter, Bekanntheitsgrad der Strecke, Anwesenheit von Beifahrern etc.)
- vorausgehenden Besonderheiten (Schlafstörungen, Begleiterkrankungen, Veränderung der Medikation etc.)
- den Konsequenzen des Ereignisses (Unfall/ Beinah-Unfall/ keine kritische Situation, ggf. Unfallart, Personenschaden und Sachschaden etc.) sowie
- zu weiteren, relevant erscheinenden Aspekten (z.B. die damalige Medikation).

Die Auswertung der Daten erfolgte größtenteils nonparametrisch (logistische Regression<sup>14</sup>, Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln), wobei intervallskalierte Daten ggf. per Median-Split dichotomisiert wurden.

## 7.3 Wesentliche Befunde

### 7.3.1 Mobilitätsbedürfnis und -verhalten

Schon allein die hervorragende Rücklaufquote von 63% und mehr als 300 Telefonate, in denen Mitarbeiter des IZVW von Patienten oder Angehörigen in der Zeit der Erhebung um Informationen zur Studie oder um Hilfestellung beim Bearbeiten des Fragebogens gebeten wurden, ließen ein enormes Mobilitätsbedürfnis der Patienten erkennen. Aber auch durch explizite Äußerungen im Rahmen dieser Telefonate und der Telefoninterviews brachten sie zum Ausdruck, wie viel ihnen ihre Fahrerlaubnis bedeutet („Sollte man meinen Führerschein einziehen, würde für mich eine Welt zusammenbrechen!“). Dies stimmt auch sehr gut mit dem Befund von Adler et al. (2005) überein, bei denen 88% der befragten Patienten der Aussage zustimmten, dass Fahren für die Lebensqualität wichtig ist.

Insgesamt hatten 82% der Patienten im Laufe ihres Lebens einen Führerschein erworben (n=5 210, 94.2% der Männer und 63.2% der Frauen). Abbildung 7.3-1 veranschaulicht, dass der Anteil an Führerscheinbesitzern umso höher war, je jünger die Befragten waren und der Geschlechtsunterschied in den künftigen Generationen kaum mehr eine Rolle spielen wird. Ersichtlich wird in jedem Fall, dass in Zukunft mit einem deutlich größeren Anteil an Parkinson-Patienten im Straßenverkehr zu rechnen ist. Dies zeigt auch ein Vergleich mit den Daten von Ritter und Steinberg aus dem Jahr 1979. Hier hatten nur 43.5% der 375 von ihnen befragten Parkinson-Patienten eine Fahrerlaubnis, was dem damaligen Anteil in der Gesamtbevölkerung entsprach. Das Verhältnis zwischen Männern und Frauen lag noch bei 6:1.

39.7% der 5 210 Patienten mit Führerschein hatten das Fahren mittlerweile aufgegeben, 37.3% nahmen aber zumindest noch eingeschränkt, 22.9% sogar noch uneingeschränkt am motorisierten Straßenverkehr teil. Dabei lag ihre Fahrleistung im vorangegangenen Jahr bei durchschnittlich 8 000km (M=7 669km, SD=7 426km), wobei Patienten, die das Fahren eingeschränkt hatten, erwartungsgemäß deutlich weniger gefahren waren als Patienten, die noch ohne Einschränkungen fuhren (M=4 860km, SD=4570km vs. M=11 582km, SD=8 747km;  $t=23.74$ ,  $p<.001$ ). Im Vergleich zur jährlichen Fahrleistung der über 60-jährigen Fahrer des Testfahrerpanels am IZVW, die bei 17 528km (SD=13 443km) liegt, erscheint selbst die Fahrleistung der Patienten ohne Einschränkungen relativ gering. Dies ist vermutlich auf selbst-selektive Prozesse zurückzuführen, da sich wohl bevorzugt Personen mit einer hohen Fahrerfahrung und Männer in einem solchen Panel registrieren lassen (Männeranteil von 80%

---

<sup>14</sup> Gewählt wurde jeweils das Modell „vorwärts bedingt“, Interaktionen zwischen den Prädiktor-Variablen wurden nicht berücksichtigt.

bei den über 60-jährigen Testfahrern). Auch die Fahrleistung der von Dubinsky et al. (1991) untersuchten Patienten lag mit durchschnittlich 11 256km deutlich über dem hier gefundenen Mittelwert, was sicher dadurch bedingt ist, dass die Fahrleistung in den USA naturgemäß höher ist.

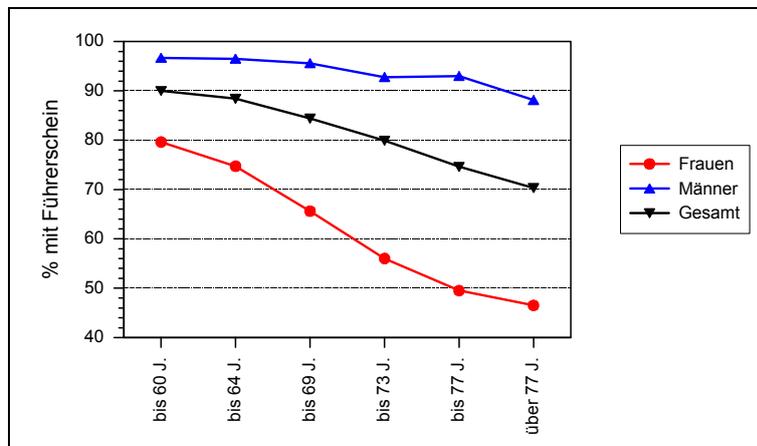


Abbildung 7.3-1: Anteil an Führerscheinbesitzern in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht.

Möglicherweise wurde der Anteil an Führerscheinbesitzern und aktiven Fahrern durch das Motto der Fragebogenstudie („Mobilität ist Lebensqualität“) überschätzt, da sich Nicht-Fahrer eventuell nicht angesprochen fühlten und somit gehäuft unter den Non-Respondern waren. Andererseits besteht aber auch die Möglichkeit, dass gerade Führerscheinbesitzer um denselben fürchteten und daher den Fragebogen vermehrt nicht beantworteten. Insgesamt entspricht der

Anteil an Führerscheinbesitzern sehr gut den Daten von Borromei et al. (1999), bei denen 79.4% der italienischen Patienten einen Führerschein hatten.

Um Prädiktoren für die Entscheidung, das Fahren aufzugeben, zu identifizieren, wurde eine logistische Regression mit den Kovariaten

- Alter (dichotomisiert per Median-Split: < 70 Jahre vs. ≥ 70 Jahre),
- Geschlecht,
- Erkrankungsdauer (dichotomisiert per Median-Split: < 8 Jahre vs. ≥ 8 Jahre),
- subjektive Krankheitsschwere (3-kategorial: leichte vs. mäßige vs. schwere Erkrankung),
- ESS-Score (3-kategorial: unauffällig vs. leicht erhöht vs. auffällig),
- SOS am Steuer (dichotom: ja vs. nein) und
- Beteiligung an mindestens einem Verkehrsunfall in den letzten fünf Jahren (ja vs. nein)

durchgeführt.

Diese ergab, dass ältere und weibliche Patienten, länger und schwerer erkrankte Patienten sowie Patienten mit einem erhöhten ESS-Score gehäuft das Fahren aufgegeben hatten (s. Abbildung 7.3-2). Allerdings wurden SOS am Steuer sowie die Beteiligung an einem Verkehrsunfall in den letzten fünf Jahren vermehrt von noch aktiven Fahrern berichtet. Auch dieser Befund ist vermutlich auf selbst-selektive Prozesse zurückzuführen, da für Fahrer, die das Fahren bereits aufgegeben hatten, (aufgrund der nicht mehr gegebenen Exposition) natürlich ein geringeres bzw. kein Risiko für Verkehrsunfälle und SOS am Steuer bestand. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass eine logistische Regression zur Prädiktion der Entscheidung, das Fahren einzuschränken, zu den gleichen Befunden führte; nur für SOS am Steuer und die Unfallbeteiligung resultierten hier keine Signifikanzen (s. ebenfalls Abbildung 7.3-2).

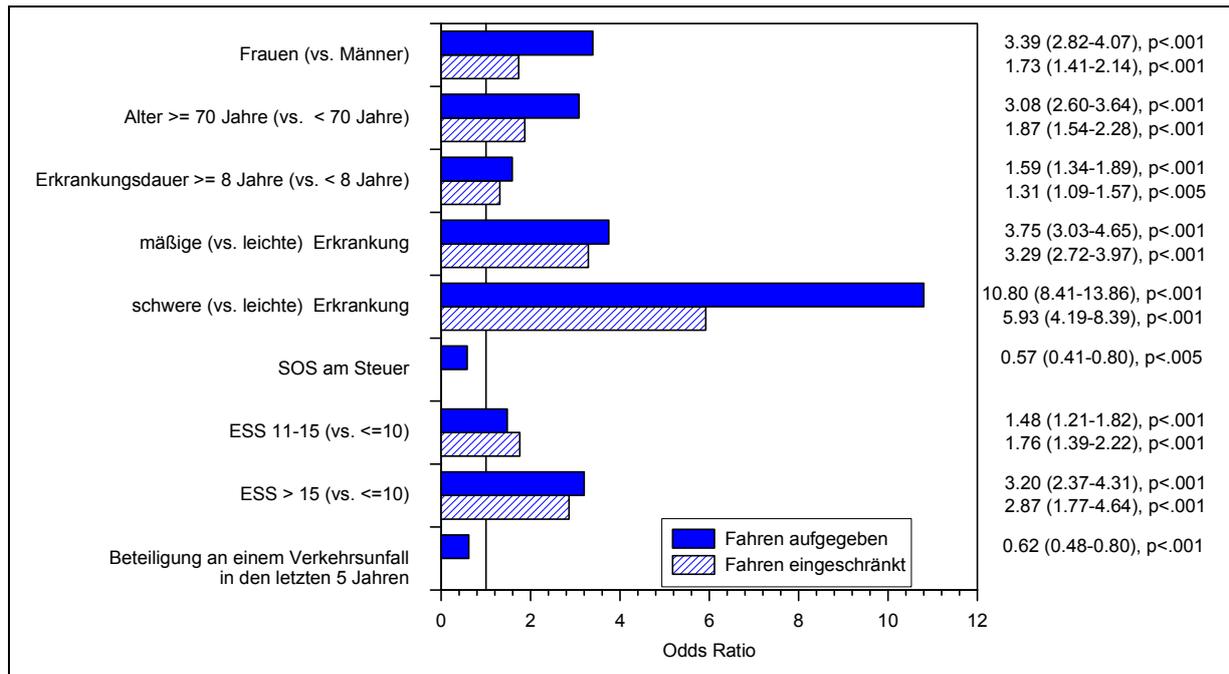
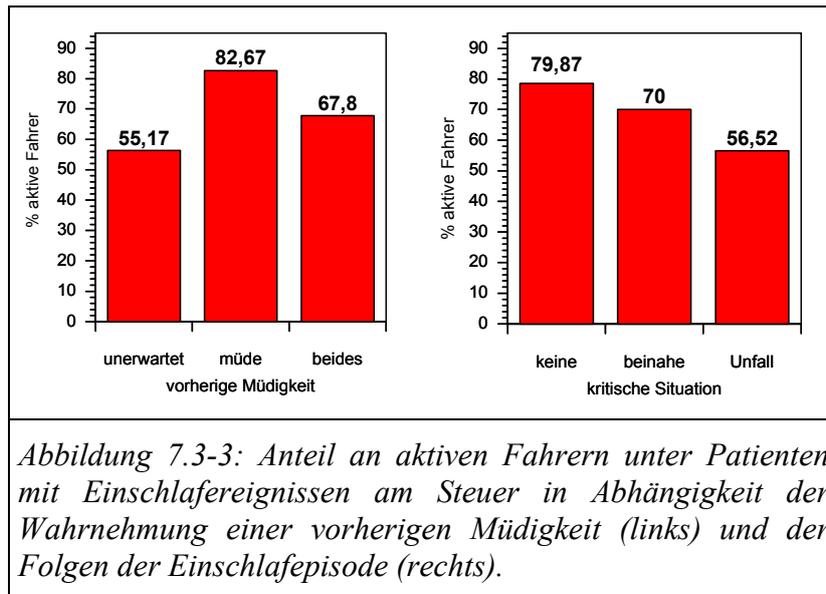


Abbildung 7.3-2: Prädiktoren für die Entscheidung, das Fahren aufzugeben bzw. einzuschränken, bei 5 210 Parkinson-Patienten mit Führerschein. Dargestellt sind die Odds Ratios einschließlich der 95% - Konfidenzintervalle zu signifikanten Prädiktoren aus entsprechenden logistischen Regressionen (s. Text) (Grafik aus Meindorfner et al., 2005, S. 837; Übersetzung durch Verfasserin).

Insgesamt stellte die subjektive Krankheitsschwere den wichtigsten Faktor für die Entscheidung, das Fahren aufzugeben oder einzuschränken, dar. Die Beteiligung an einem Verkehrsunfall oder ein Einschlafereignis am Steuer schien dagegen nicht ausschlaggebend zu sein. Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln nur innerhalb der Patienten mit SOS am Steuer zeigten allerdings, dass der Entschluss, das Fahren aufzugeben, von der wahrgenommenen Kontrollierbarkeit ( $X^2(2)=24.58, p<.001$ ) und den Konsequenzen ( $X^2(2)=14.99, p=.001$ ) eines solchen Einschlafereignisses abhängig gemacht wurde: So gaben die Patienten gehäuft dann das Fahren auf, wenn sich das Einschlafereignis subjektiv nicht durch eine vorherige Müdigkeit angekündigt und die Episode zu einem Verkehrsunfall geführt hatte (s. dazu auch Abbildung 7.3-3). Dennoch ist der Anteil an Patienten, die das Fahren auch nach einem SOS-bedingten Verkehrsunfall nicht aufgaben, mit 57% als sehr hoch anzusehen.

Auch wenn man die Patienten direkt fragte, warum sie das Fahren aufgegeben bzw. eingeschränkt hatten, wurden unter den vorgegebenen Antwortalternativen Müdigkeit am Steuer (6.5%) und Verkehrsunfälle (3.4%) sehr selten gewählt. Am häufigsten wurde hier - passend zu den Befunden der logistischen Regression - das Fortschreiten der Parkinson-Erkrankung genannt (51.6%).



FAZIT: Insgesamt belegten die Daten ein enormes Mobilitätsbedürfnis der Patienten. Fast zwei Drittel der Führerscheinbesitzer nahmen noch aktiv am motorisierten Straßenverkehr teil. Der Entschluss, das Fahren aufzugeben, hing primär von der subjektiven Krankheitsschwere ab, wobei aber auch ältere und weibliche Patienten gehäuft auf die Verkehrsteilnahme verzichteten. Ein Verkehrsunfall oder ein Einschlafereignis

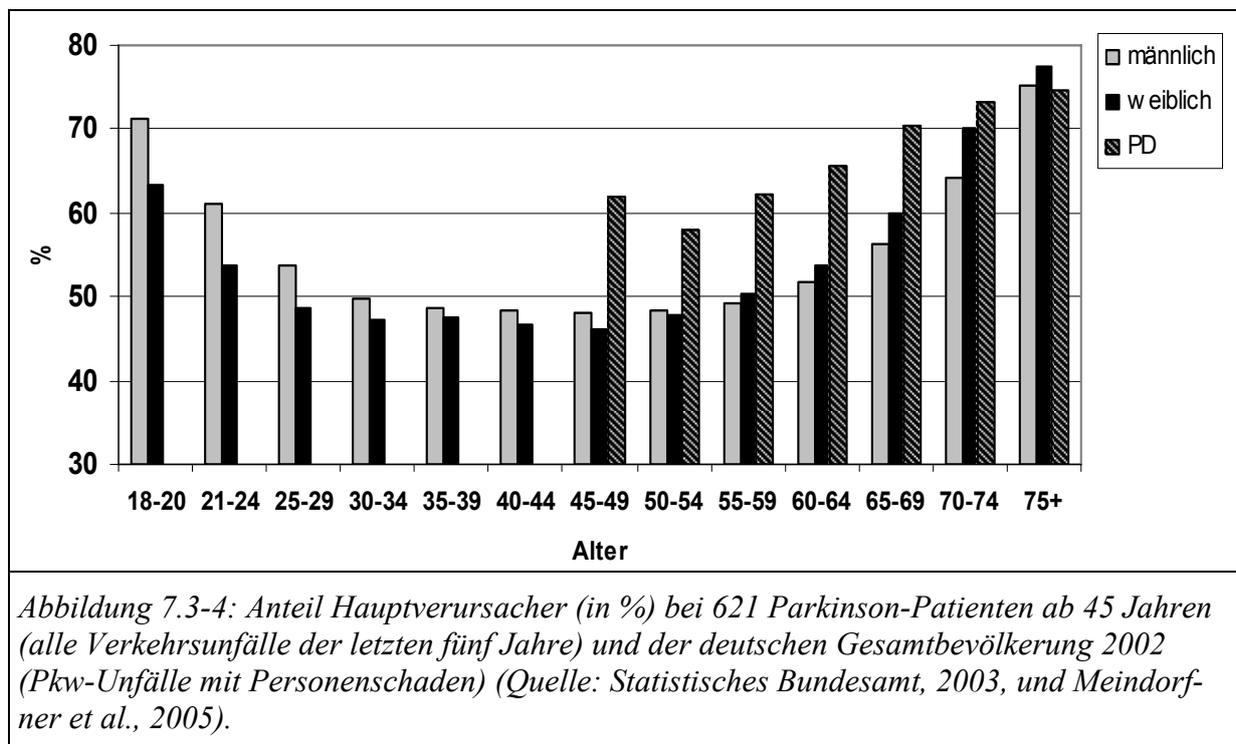
per se bewirkten hingegen keine Veränderung des Mobilitätsverhaltens. Nur wenn solche Einschlafereignisse zu gefährlichen Situationen führten oder subjektiv unkontrollierbar waren (d.h. sich nicht durch eine vorherige Müdigkeit ankündigten), schienen sie dies zu bewirken. Selbst dann wurden entsprechende Konsequenzen aber relativ selten gezogen. Es erschien demnach unbedingt notwendig, den Patienten die Gefahren von Müdigkeit am Steuer verstärkt bewusst zu machen.

### 7.3.2 Unfallbelastung

14.5% aller Patienten mit Führerschein waren in den vorangegangenen fünf Jahren mindestens in einen Verkehrsunfall verwickelt, 11% hatten mindestens einen Verkehrsunfall verursacht. Unter den noch aktiven Fahrern lagen diese Anteile bei 16.5% bzw. 11.7%. Borromei et al. (1999) berichteten eine deutlich höhere Unfallverwicklung bei 29% ihrer Patienten (aktive Fahrer). Allerdings spezifizieren sie nicht den Zeitraum, auf den sich die Unfallbelastung bezog, so dass es sich möglicherweise um Lebenszeitprävalenzen handelt, während hier eben nur die Unfälle der letzten fünf Jahre erfasst wurden.

Ob diese Quoten insgesamt erhöht sind, kann mangels einer Kontrollgruppe nicht abgeschätzt werden. Daher wurde aus den vorliegenden Daten die Verursacherrate errechnet und mit der Verursacherrate der deutschen Gesamtbevölkerung bei Pkw-Unfällen mit Personenschaden verglichen (s. Abbildung 7.3-4). Hier zeigte sich zunächst der bekannte Befund, dass der Verursacheranteil in der Gesamtbevölkerung mit zunehmendem Alter ansteigt und ab einem Alter von 75 Jahren sogar über dem Niveau von Fahranfängern liegt. Dies wird gemeinhin als Hinweis auf eine erhöhte Gefährdung der Verkehrssicherheit durch ältere Fahrer gewertet - auch wenn ihr Beitrag am absoluten Unfallgeschehen (gemessen an ihrem Bevölkerungsanteil) vergleichsweise gering ist (vgl. Hargutt, Körner, Krüger & Maag, 2007). Die Fragebogendaten bestätigten diesen altersbedingten Anstieg des Verursacheranteils auch für Parkinson-Patienten. Kritisch war aber, dass dieser Anteil unter den Patienten insgesamt deutlich höher war als in der altersgleichen Gesamtbevölkerung: Wenn ein Parkinson-Patient an einem Verkehrsunfall beteiligt war, hatte er diesen auch in mehr als zwei Drittel der Fälle selbst verschuldet. Dieser Anteil war bei der über 45-jährigen Gesamtbevölkerung mit 57% deutlich geringer. Insbesondere galt dieser Unterschied für die jüngeren Patienten, während es mit zunehmendem Lebensalter zu einer Annäherung kam. In der Gruppe der über 75-jährigen

bestand schließlich kein Unterschied mehr zwischen Parkinson-Patienten und der deutschen Gesamtbevölkerung.



Um Risikofaktoren für die Beteiligung an bzw. die Verursachung von Verkehrsunfällen zu identifizieren, wurden wiederum logistische Regressionen mit den Kovariaten Alter, Geschlecht, Erkrankungsdauer, subjektive Krankheitsschwere, ESS-Score und SOS am Steuer durchgeführt. Zur Kontrolle der Verkehrsbeteiligung bzw. der Exposition der Patienten wurde die jährliche Fahrleistung als weitere Kovariate aufgenommen (dichotomisiert per Median-Split: < 6 000km vs. ≥ 6 000km).

Wie Abbildung 7.3-5 zeigt, bestand bei

- einer subjektiv mäßigen oder schweren Erkrankung,
- SOS am Steuer sowie
- einer hohen jährlichen Fahrleistung

ein erhöhtes Risiko für die Verwicklung in einen Verkehrsunfall. Ein erhöhtes Risiko für die Verursachung eines Verkehrsunfalls (s. ebenfalls Abbildung 7.3-5) bestand dagegen unabhängig von der jährlichen Fahrleistung bei

- einer subjektiv mäßigen Erkrankung,
- SOS am Steuer sowie
- einem erhöhten ESS-Score.

Alter, Geschlecht und Erkrankungsdauer hatten insgesamt keinen Einfluss auf die Unfallbelastung der Patienten.

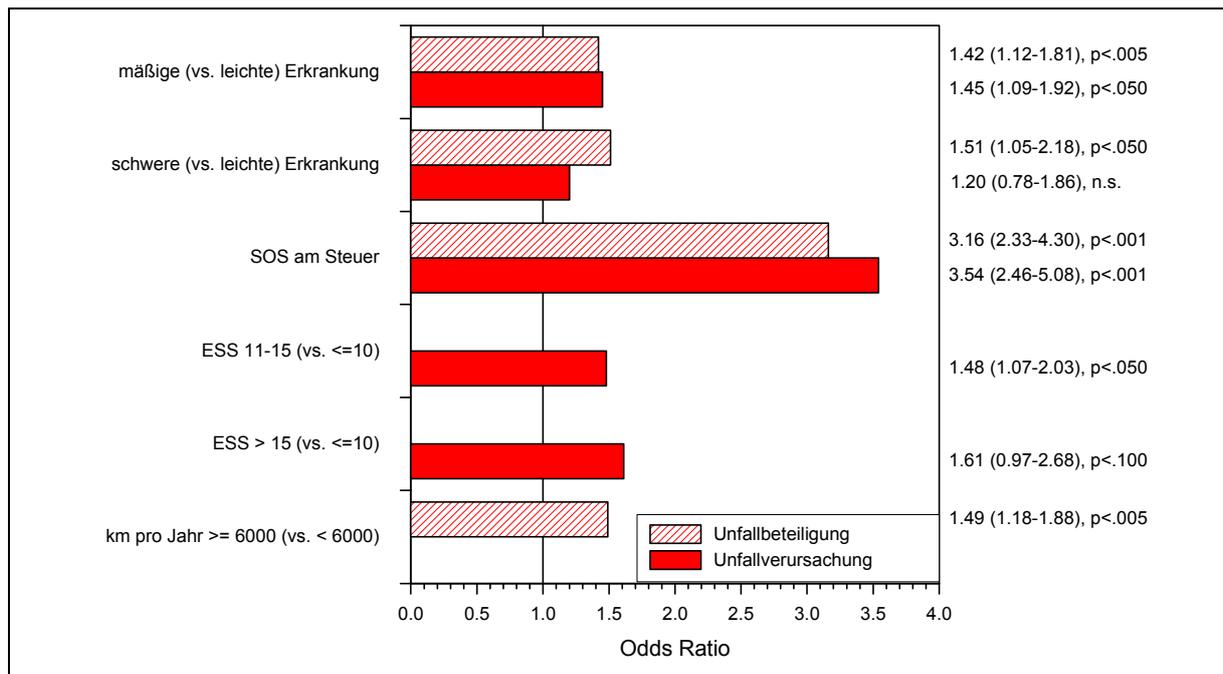


Abbildung 7.3-5: Prädiktoren für die Verwicklung in bzw. Verursachung von Verkehrsunfällen bei 3088 aktiven Fahrern mit M. Parkinson. Dargestellt sind die Odds Ratios einschließlich der 95% - Konfidenzintervalle zu signifikanten Prädiktoren aus entsprechenden logistischen Regressionen (s. Text) (Grafik aus Meindorfner et al., 2005, S. 837; Übersetzung durch Verfasserin).

FAZIT: Kritisch im Hinblick auf die Verkehrssicherheit war also der bei Parkinson-Patienten erhöhte Verursacheranteil, wobei neben der (subjektiven) Krankheitsschwere erstmalig auch die Problematik der Tagesmüdigkeit als bedeutsamer Risikofaktor identifiziert wurde.

### 7.3.3 SOS am Steuer

Besonders deutlich wurde die mit plötzlichen Einschlafereignissen verbundene Gefahr beim Vergleich der Unfallbelastung von Patienten mit SOS am Steuer mit derjenigen von Patienten, die SOS auch in anderen Situationen noch nie erlebt hatten: Von Ersteren hatten in den letzten fünf Jahren 34.3% mindestens einen Verkehrsunfall verursacht, während dieser Anteil bei Letzteren nur 8.3% betrug.

Insgesamt waren mehr als ein Fünftel der Patienten mit Führerschein, die SOS am Tage berichteten, auch schon am Steuer plötzlich eingeschlafen (22.0% bzw. 8.1% der Gesamtstichprobe mit Führerschein, n=390).

Mehr als die Hälfte davon (57% bzw. 4.6% der Gesamtstichprobe mit Führerschein) räumten allerdings ein, dass sie sich vorher müde gefühlt hatten. Nur etwa ein Viertel (26% bzw. 2.1% der Gesamtstichprobe mit Führerschein) empfanden das Einschlafereignis am Steuer als völlig unerwartet i.S. einer Schlafattacke. Die übrigen 17% (bzw. 1.4% der Gesamtstichprobe mit Führerschein) berichteten Einschlafereignisse am Steuer mit und ohne eine vorher wahrgenommene Müdigkeit. Die gefundene Prävalenz von SOS am Steuer liegt damit auch in dem in der Literatur berichteten Bereich (s. Abschnitt 4.2). Paus et al. (2003) führten - wie bereits erwähnt - eine ähnliche Studie in Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg durch und fanden in einer Stichprobe von fast 3 000 Patienten nur eine Prävalenz von 1.3%. Dies ist sicher auf deren engere Definition von SOS zurückzuführen (s. dazu auch Körner et al., 2004).

Fast die Hälfte der 390 Betroffenen gab an, dass das Einschlafereignis nicht zu einer kritischen Situation im Straßenverkehr geführt hatte, bei 27% kam es beinahe, bei 28% tatsächlich zu einem Verkehrsunfall. Insgesamt wurden 97 Verkehrsunfälle bedingt durch ein plötzliches Einschlafen berichtet (elf Patienten beschrieben zwei, ein Patient sogar vier SOS-bedingte Verkehrsunfälle). Dabei wurden fünf Patienten leicht und vier Patienten schwer verletzt. Ferner erlitten zwölf weitere Verkehrsteilnehmer einen Personenschaden. Bei 51 der beschriebenen Unfälle lag der Sachschaden über 4 000 DM (2 045 €).

Zusammengenommen gingen 8% aller berichteten Unfälle auf SOS zurück, bei der deutschen Gesamtbevölkerung lag der Anteil an müdigkeitsbedingten Verkehrsunfällen im Jahr 2002 bei 6.5%. Da aber davon auszugehen ist, dass die Patienten deutlich seltener unter für Einschlafereignisse typischen Bedingungen fahren (Nachtfahrten, Langstrecken etc.), könnte dies durchaus auf einen erhöhten Anteil an Müdigkeitsunfällen bei Parkinson-Patienten hindeuten. Ob die hier gefundene Prävalenz von SOS am Steuer tatsächlich als überhöht anzusehen ist, kann aber wiederum mangels einer Kontrollgruppe nicht abgeschätzt werden - zumal diese Raten eben auch an den unterschiedlichen Bedingungen der Verkehrsbeteiligung von gesunden Fahrern und Patienten relativiert werden müssten.

Insgesamt berichteten also 2.2% aller Patienten mit Führerschein einen SOS-bedingten Verkehrsunfall, wobei dieser Anteil deutlich über der maximalen Prävalenz liegt (0.24% bei aktiven Fahrern), die in einem Review von Homann et al. (2003) genannt wurde. Dennoch ist auch bei den vorliegenden Daten eher von einer Unterschätzung auszugehen, da die Patienten derartige Unfälle vermutlich häufig nicht zugaben, weil sie um ihre Fahrerlaubnis fürchteten. Dies zeigte sich auch in den Telefoninterviews. So räumten immerhin 17% der VG-Patienten im Laufe des Telefonats doch ein Einschlafereignis am Steuer ein (s. Abschnitt 7.2). Zudem entpuppte sich ein SOS am Steuer, der laut Fragebogen *nicht* zu einer kritischen Situation geführt hatte, häufig als ein Verkehrsunfall mit erheblichem Sachschaden.<sup>15</sup>

Im Rahmen dieser Telefoninterviews konnten aber v.a. differenzierende Merkmale zwischen Einschlafepisoden am Steuer und nicht-müdigkeitsbedingten Verkehrsunfällen identifiziert werden (s. Tabelle 7.3-1): Bei nicht-müdigkeitsbedingten Verkehrsunfällen handelte es sich größtenteils um Zusammenstöße mit anderen Fahrzeugen an Verkehrsknotenpunkten oder auf Parkplätzen, sie ereigneten sich also in eher anspruchsvollen bzw. typischen, alterssensitiven Fahrsituationen (wie z.B. beim Spurwechsel, Abbiegen oder Rückwärtsfahren). Einschlafepisoden hingegen ereigneten sich meist in längeren, monotonen Fahrten und führten fast ausschließlich zu einem Abkommen von der Fahrbahn. Es schien sich also um typische Müdigkeitsunfälle zu handeln. Dabei war es unerheblich, ob sich die Einschlafepisoden subjektiv durch Müdigkeit ankündigten oder nicht. Zusätzlich war das Auftreten von SOS am Steuer auch mit einer (kurz vorher) veränderten Parkinsonmedikation assoziiert, wobei es sich bei der Hälfte der Fälle um die Einführung eines Nonergot-Agonisten handelte. Dies bestätigt die bei Körner et al. (2004) geschilderten Befunde, dass SOS nach der Einführung von Nonergot-Agonisten früher auftritt als nach der Einführung anderer dopaminergere Medikamente. Allerdings - und dies bestätigt wiederum die dort belegte multifaktorielle Bedingtheit von SOS - gab es auch Patienten, die SOS am Steuer erlebten, noch bevor sie dopaminerg behandelt wurden.

Der einzige signifikante Unterschied zwischen ZG1- und ZG2-Patienten lag darin, dass sich Erstere häufiger nicht mehr daran erinnern konnten, woran sie vor dem Einschlafereignis gedacht hatten. Dies unterstützt die Hypothese einer Amnesie vor dem Einschlafereignis, welche

---

<sup>15</sup> Bei 15% der Patienten mit SOS am Steuer stellte sich die ursprünglich als unkritisch beschriebene Situation als Unfall heraus, bei weiteren 29% handelte es sich zumindest um einen Beinahe-Unfall (definiert als kritische Situation, die aber noch kontrolliert werden konnte, wie z.B. ein Abkommen von der Fahrbahn bei rechtzeitigem Gegenlenken, so dass eine Kollision mit anderen Fahrzeugen oder einem Begrenzungspfosten verhindert werden konnte).

zugleich die fehlende Wahrnehmung bzw. demnach die fehlende Erinnerung an eine vorherige Müdigkeit erklären könnte.

*Tabelle 7.3-1: Unterschiede zwischen Einschlafereignissen am Steuer (Zielgruppen, ZG) und nicht-müdigkeitsbedingten Verkehrsunfällen (Vergleichsgruppe, VG) sowie Unterschiede zwischen „Schlafattacken“ am Steuer (ZG1) und plötzlichen Einschlafereignissen mit vorheriger Müdigkeit (ZG2) (Tabelle aus Meindorfner et al., 2005, S. 839; Übersetzung durch Verfasserin).*

| Variable                                                        | % v.<br>ZG | % v.<br>VG | P               | % v.<br>ZG1 | % v.<br>ZG2 | P               |
|-----------------------------------------------------------------|------------|------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|
| <b>Art der resultierenden kritischen Situation<sup>a</sup></b>  |            |            | <b>&lt;.001</b> |             |             | .465            |
| - Kollision an Kreuzung/ auf Parkplatz                          | 15.8       | 97.0       |                 | 12.8        | 17.5        |                 |
| - Abkommen von der Fahrbahn                                     | 84.2       | 3.0        |                 | 87.2        | 82.5        |                 |
| <b>Keine Beteiligung anderer Verkehrsteilnehmer<sup>a</sup></b> | 82.2       | 8.2        | <b>&lt;.001</b> | 85.1        | 80.8        | .648            |
| <b>Personenschaden<sup>b</sup></b>                              | 4.4        | 10.9       |                 | 9.1         | 2.4         | <.100           |
| <b>Sachschaden<sup>b</sup></b>                                  | 30.1       | 97.7       |                 | 36.4        | 27.6        | .235            |
| <b>Erinnerung an Gedanken unmittelbar vorher</b>                | 13.9       | 17.2       | .449            | 2.1         | 18.9        | <b>&lt;.010</b> |
| <b>Vorherige Dauer der Fahrt &gt;15min (MD)</b>                 | 63.9       | 29.7       | <b>&lt;.001</b> | 54.5        | 67.5        | .127            |
| <b>Beifahrer</b>                                                | 37.9       | 31.9       | .272            | 32.7        | 39.5        | .394            |
| <b>Kürzliche Änderung der Parkinson-Medikation</b>              | 13.6       | 4.9        | <b>&lt;.050</b> | 10.4        | 14.9        | .446            |
| - Einführung eines nonergolinen DA <sup>c</sup>                 | 6.8        | 0.0        |                 | 4.2         | 7.9         |                 |
| - Einführung eines ergolinen DA <sup>c</sup>                    | 1.2        | 0.0        |                 | 2.1         | 0.9         |                 |
| - andere Änderungen <sup>c</sup>                                | 5.6        | 4.9        |                 | 4.1         | 6.1         |                 |
| <b>Aktuelle Parkinson-Medikation<sup>d</sup></b>                |            |            |                 |             |             |                 |
| - keine dopaminergen Medikamente                                | 10.8       | 19.7       |                 | 9.1         | 10.9        |                 |
| - Monotherapie mit L-Dopa                                       | 17.8       | 28.6       |                 | 21.8        | 16.4        |                 |
| - Monotherapie mit ergolinem DA                                 | 3.8        | 2.0        |                 | 1.8         | 4.7         |                 |
| - Monotherapie mit nonergolinem DA                              | 3.2        | 0.7        |                 | 3.6         | 3.1         |                 |
| - Mehrere DA                                                    | 0.5        | -          |                 | -           | 0.8         |                 |
| - Kombination L-Dopa + ergoliner DA                             | 42.7       | 37.4       |                 | 47.3        | 40.6        |                 |
| - Kombination L-Dopa + nonergoliner DA                          | 17.3       | 9.5        |                 | 16.4        | 18.0        |                 |
| - Kombination L-Dopa + mehrere DA                               | 3.8        | 2.0        |                 | -           | 5.5         |                 |

Anmerkungen. Anzahl von Patienten: ZG1=58, ZG2=134, VG=147. DA = Dopamin-Agonist(en).

<sup>a</sup> Eingeschlossen wurden nur solche Episoden, die zu einem (Beinah-)Unfall führten (92% der ZG; 85% der ZG1, 91% der ZG2; n.s). <sup>b</sup> Da die Unterschiede auf die Definition der Versuchsgruppen zurückgehen, wurde keine inferenzstatistische Prüfung vorgenommen. <sup>c</sup> Aufgrund zu geringer Zellbesetzungen wurde keine inferenzstatistische Prüfung durchgeführt. <sup>d</sup> Eine inferenzstatistische Analyse wurde nicht vorgenommen, da dies unter Berücksichtigung von personalen Faktoren wie Alter und Geschlecht geschehen sollte (s. Körner et al., 2004).

FAZIT: Wie schon die Daten zum plötzlichen Einschlafen am Tage (s. Abschnitt 3.2.2.2 oder Körner et al., 2004) sprach auch der mangelnde Nachweis von differenzierenden Merkmalen zwischen den von ZG1- und ZG2-Patienten beschriebenen Einschlafereignissen gegen ein neuartiges, anfallsartiges Phänomen bzw. Schlafattacken im eigentlichen Sinne. Vielmehr unterstützten auch diese Analysen die Hypothese einer Fehleinschätzung der eigenen Wachheit. Ein weiteres Argument dafür war der Befund, dass die Mehrheit der Patienten, welche laut Fragebogen eine „Schlafattacke“ am Steuer berichtet hatten, im Verlauf der Telefoninterviews doch eine vorherige Müdigkeit einräumten (s. Abschnitt 7.2). Dies passt zu dem aus der Verkehrsforschung bekannten Befund, dass selbst gesunde Fahrer die Wahrscheinlichkeit eines Sekundenschlafs am Steuer unterschätzen, eine vorher bestehende Müdigkeit leugnen

und ein Sekundenschlaf sogar auftreten kann, ohne dass dies vom Fahrer selbst bemerkt wird (Horne, 2002; Reyner & Horne, 1998).

Insgesamt bestätigen die Daten aber auch deutlich die sicherheitskritische Relevanz solcher Einschlafereignisse für den Straßenverkehr.

Neben den Einschlafereignissen und vereinzelt berichteten Freezing-Episoden handelte es sich bei den von Parkinson-Patienten berichteten Verkehrsunfällen in der überwiegenden Mehrheit um solche, wie sie als typisch für den älteren Fahrer beschrieben werden.

## 7.4 Implikationen für die Fall-Kontroll-Studie

Zusammengenommen ließen sich aus den Befunden der Literatur und der dPV-Befragung 2000 einige wesentliche Implikationen zur Diagnose der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson ableiten. Dabei wurde allerdings auch ein enormer Forschungsbedarf ersichtlich.

So war zunächst anzunehmen, dass die Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson im Wesentlichen von drei Faktoren abhängt:

- vom Ausmaß der motorischen Beeinträchtigungen (Krankheitsschwere),
- von kognitiven Beeinträchtigungen, aber auch
- von aktivationalen Beeinträchtigungen (Tagesmüdigkeit und SOS).

Die dPV-Befragung 2000 ergab, dass Tagesmüdigkeit und SOS multifaktoriell bedingte Phänomene darstellen und nur in geringem Maße medikamentös zu erklären sind. Zwar lassen die Befunde hoffen, dass durch eine individuell angepasste Art und Dosis der Parkinson-Medikation (in Abhängigkeit von Alter und Erkrankungsdauer der Patienten, z.B. eher keine Nonergot-Agonisten bei jüngeren Patienten im Anfangsstadium der Erkrankung) Verbesserungen erzielt werden können, jedoch ist zu befürchten, dass dies dann auf Kosten der therapeutischen Effizienz geschieht (so werden gerade die Nonergot-Dopamin-Agonisten bevorzugt bei jüngeren Patienten eingesetzt; vgl. Löhle & Reichmann, 2006).

Aufgrund der multifaktoriellen Bedingtheit kann das Problem auch nicht durch bloße Warnhinweise in den Beipackzetteln der Parkinson-Medikation gelöst werden. Vor allem weil die Einnahme einer dopaminergen Medikation nicht regelhaft mit Tagesmüdigkeit oder plötzlichem Einschlafen assoziiert ist, erscheint ein prinzipielles Fahrverbot oder gar die Gleichstellung dopaminergener Medikation mit berauschenden Mitteln i.S. des §316 StGB kontraindiziert.

Da es sich bei plötzlichen Einschlafereignissen von Parkinson-Patienten - sowohl nach der vorherrschenden Meinung in der Literatur als auch in Übereinstimmung mit den Daten der dPV-Befragung 2000 - nicht um „Schlafattacken“ im eigentlichen Sinne handelt, ist hier die eigene Zustandseinschätzung als zentraler Ansatzpunkt zu sehen. So ist davon auszugehen, dass den Einschlafereignissen tatsächlich Müdigkeit vorangeht, dass diese aber - vermutlich vor dem Hintergrund einer dauerhaft erhöhten Tagesmüdigkeit - von den Patienten nicht als solche wahrgenommen bzw. unterschätzt wird. Plötzliches Einschlafen ist demnach ein Ausdruck extremer Tagesmüdigkeit und kein eigenständiges Phänomen, was wiederum gute Anhaltspunkte für Gegenmaßnahmen im Sinne einer Förderung der eigenen Zustandserkennung und -vorhersage bietet.

Der Zusammenhang zwischen Fahrtauglichkeit und dem Ausmaß der motorischen Beeinträchtigungen blieb weiterhin unklar. So belegten die Fragebogendaten zwar statistisch bedeutsame Zusammenhänge zur Unfallbelastung, allerdings waren diese gemessen an der Stichprobengröße relativ schwach ausgeprägt. Zudem wurde der Schweregrad nicht durch eine neurologische Untersuchung objektiviert, sondern basierte lediglich auf einer Selbsteinschätzung der Patienten.

Trotz der inkonsistenten Befunde in der Literatur war ferner anzunehmen, dass eine Diagnostik der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten auch deren kognitive Leistungsfähigkeit berücksichtigen sollte. Da die kognitive Leistungsfähigkeit aber weder im Fragebogen noch in den Telefoninterviews erfasst wurde, konnte dies im Rahmen der dPV-Befragung nicht überprüft werden.

Grundsätzlich belegten die Daten der dPV-Befragung 2000 deutlich das Dilemma zwischen dem hohen Mobilitätsbedürfnis der Patienten und dem Anspruch der Gesellschaft auf Sicherheit im Straßenverkehr. Um dieses Dilemma zu lösen, bedarf es aber konkreter Kriterien, die eine regelmäßige und gleichzeitig ökonomische Beurteilung der Fahrtauglichkeit am einzelnen Patienten erlauben und fahrtaugliche von nicht fahrtauglichen Patienten zuverlässig unterscheiden. Solche Kriterien konnten durch die bisherige empirische Evidenz jedoch nicht identifiziert werden. Dabei lagen die Nachteile der dPV-Befragung 2000 v.a. darin, dass keine Kontrollgruppe untersucht wurde und es sich um retrospektive Daten handelte.

Vor der Zielsetzung, die Mobilität der Patienten so lange wie möglich zu erhalten, wurde daher von der dPV ein Nachfolgeprojekt gefördert, das diesem dringenden Forschungs- und Handlungsbedarf weiter gerecht werden sollte. Insbesondere sollte hier auch die Rolle der viel zitierten Kompensation geprüft werden.

## 8 FALL-KONTROLL-STUDIE IN DER FAHRSIMULATION

### 8.1 Ziele, Fragestellung und Herleitung der Untersuchungsanordnung

Die Befunde der Literatur und die Ergebnisse der dPV-Befragung ließen annehmen, dass die Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson im Wesentlichen von den mit der Erkrankung assoziierten motorischen, kognitiven aber auch aktivationalen Beeinträchtigungen bestimmt wird. Basierend auf dieser Hypothese sollten durch die vorliegende Untersuchung die folgenden Ziele verfolgt werden:

- Definition von Kriterien für eine valide, ökonomische und auf den Einzelfall anwendbare Diagnostik der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson,
- Identifikation differenzierender Merkmale im Fahrverhalten von Parkinson-Patienten und gesunden Personen und
- Spezifizierung der Auswirkungen motorischer und aktivationaler Beeinträchtigungen auf das Fahrverhalten.

Im Hinblick auf die große Bedeutung, welche der Kompensation in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) zugesprochen wird (s. Abschnitt 2.2.1), sollten zudem Selbsteinschätzung und kompensatorische Bemühungen als moderierende Variablen untersucht werden.

Dazu wurden 24 Parkinson-Patienten anhand verschiedener Fahraufgaben im Würzburger Fahr Simulator und einer Batterie von psychometrischen Leistungstests mit 24 gesunden Testfahrern verglichen. Da die Daten der dPV-Befragung 2000 deutlich belegten, dass die bei Parkinson-Patienten weit verbreitete Problematik der Tagesmüdigkeit mit der Unfallbelastung der Patienten assoziiert ist, wurde diese auch explizit thematisiert. So wurde der Einfluss motorischer und aktivationaler Beeinträchtigungen durch eine Schichtung der Patienten nach Krankheitsschwere und dem Vorliegen von Tagesmüdigkeit geprüft. Der Einfluss kognitiver Defizite sollte durch den Ausschluss von dementen Patienten und anhand der durch die Testbatterie geprüften kognitiven Parameter kontrolliert werden.

Auf Grund der Komplexität der Thematik wurde ein Ansatz mit mehreren Untersuchungsteilen realisiert:

- einer Fahrverhaltensprobe sowie
- einer Fahrt unter extremer Monotonie in der Fahrsimulation und
- einer Batterie von Leistungstests, wie sie standardmäßig in der Fahreignungsdiagnostik angewandt werden.

Trotz ihrer Nachteile (s. Abschnitt 2.3.3) gilt die Fahrverhaltensprobe im Realverkehr nach wie vor als „Golden Standard“ der Diagnose von Fahrtauglichkeit (Sommer, Arno, Strypsten, Eeckhout & Rothermel, 2003). So sollten allgemeine Fahrfertigkeiten, Fahrstile und (psycho-) motorisch bedingte Beeinträchtigungen der Fahrleistung von Parkinson-Patienten auch anhand einer Fahrverhaltensprobe geprüft werden. Allerdings wurde sie nicht im Realverkehr, sondern in der Fahrsimulation durchgeführt. Anders als die Durchführung im Realverkehr erlaubt die Fahrsimulation eine weitestgehende Standardisierung der Prüfsituationen und auch die gezielte Herstellung von kritischen Situationen ohne die Fahrer zu gefährden. Eine Testung von Parkinson-Patienten in einer High-Fidelity-Fahrsimulation wie im Würzburger Fahr-

simulator ist bisher in der einschlägigen Fachliteratur nicht berichtet worden. Hier war es möglich, eine repräsentative Auswahl an unterschiedlichsten Fahraufgaben zu realisieren.

Aufgrund der mehrfach berichteten Defizite in der Spurhaltung von Parkinson-Patienten (Madeley et al., 1990; Radford et al., 2004; Stolwyk et al., 2005; Wood et al., 2005) wurden v.a. Trackingaufgaben ohne Fahrmanöver in unterschiedlicher Schwierigkeit aufgenommen. Die in der Literatur berichteten Befunde, aber auch die Daten der dPV-Befragung haben gezeigt, dass die für Parkinson-Patienten kritischen Verkehrssituationen (so sie nicht aus Einschlafereignissen am Steuer resultieren) größtenteils denen des älteren Fahrers entsprechen. So waren in dem Prüfparcours auch Kreuzungen, Abbiege- und Einordenmanöver, also typische alterskritische Situationen, enthalten. Schließlich sollte die nahe liegende Hypothese einer verminderten Reaktionsfähigkeit von Parkinson-Patienten anhand entsprechender Fahrscenarien untersucht werden. Alles in allem wurde hier eine Testfahrt entworfen, welche die unter Abschnitt 2.3.3 erläuterten Kriterien für eine Fahrverhaltensprobe erfüllte (repräsentative Auswahl der Fahraufgaben, Dauer der Fahrt, Beobachtung durch geschulte Beobachter etc.) und zugleich auf die Parkinson-spezifischen Defizite abgestimmt war.

Da aus der Literatur (Lings & Dupont, 1992; Stolwyk et al., 2005) und auch aus eigenen Vorversuchen bekannt war, dass die Patienten zu einer verlangsamten Fahrweise, also zu einer Kompensation auf taktischer Ebene neigen, sollte die Frage nach dem Einsatz und dem Nutzen kompensatorischer Bemühungen durch die Einführung einer zusätzlichen, kompensationserschwerenden Bedingung geprüft werden. Diese Kompensationserschwerung wurde durch eine weitere Fahrverhaltensprobe unter Zeitdruck realisiert. Dabei sollten die Auswirkungen des Zeitdrucks auf Fahrdauer und -geschwindigkeit bzw. auf die Güte der Fahrleistung das Ausmaß und die Effizienz von Kompensation messbar machen. Kompensatorische Strategien sollten aber auch subjektiv über einen speziell entworfenen Fragebogen erfasst und mit diesen objektiven Daten zur Kompensation verglichen werden.

Die Problematik der Tagesmüdigkeit in ihrer Auswirkung auf das Fahrverhalten wurde bisher in der Fachliteratur nicht thematisiert. In die vorliegende Fall-Kontroll-Studie sollte sie daher nicht nur als Schichtungsvariable eingehen, sondern durch eine extrem monoton gestaltete Nachtfahrt mit stark ermüdender Wirkung auch provoziert werden. Diese sog. „Vigilanzfahrt“ zielte also primär auf den aktivationalen Aspekt der Fahraufgabe und die diesbezüglich spezifischen Beeinträchtigungen der Parkinson-Patienten ab. Im Vordergrund stand dabei das Auftreten von Einschlafereignissen, die Beurteilung des eigenen Zustands und die Entwicklung der Fahrleistung im Verlauf der Zeit (Time on Task). Durch die Einführung optionaler Fahrpausen wurde die Kompensation aktivationaler Beeinträchtigungen operationalisiert. Die Inanspruchnahme von in Zeitpunkt und Häufigkeit frei wählbaren Pausen als Gegenmaßnahme für Müdigkeit sollte demnach als Verhaltensmaß für kompensatorische Bemühungen und eine adäquate subjektive Zustandseinschätzung gelten. Von besonderem Interesse war hier nicht nur, ob sich gesunde Personen und Patienten unterscheiden, sondern v.a. auch welche Rolle die Schichtungsvariable Tagesmüdigkeit spielt.

Sowohl für die Fahrverhaltensprobe als auch für die Vigilanzfahrt sollte zudem die subjektive Leistungsgüte erfasst werden, um den in der Literatur konsistent berichteten Befund einer inadäquaten Einschätzung der eigenen Fahrleistung von Parkinson-Patienten zu replizieren (Heikkilä et al., 1998; Wood et al., 2005; Zesiewicz et al., 2002).

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Kritik an der Validität verkehrspsychologischer Leistungstests für Senioren und neurologische Patienten (vgl. Abschnitt 2.3.2) wurde am ART-2020 eine Batterie kraftfahrtspezifischer Leistungstests durchgeführt, wie sie standardmäßig in der Fahreignungsdiagnostik zum Einsatz kommen. In Entsprechung zur Anlage 5 FeV waren u.a. Tests zur Belastbarkeit, Orientierung, Konzentration, Aufmerksamkeit und Reaktionsfä-

higkeit enthalten. So sollte überprüft werden, ob solche Tests grundsätzlich dazu geeignet sind, die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten (aber auch von Senioren) zu beurteilen. Konkret galt es zu untersuchen, inwiefern sich Patienten von gesunden Testfahrern, aber auch Patienten und gesunde Testfahrer von der Normstichprobe unterscheiden und ob sich nachgewiesene Funktionsdefizite in der Fahrverhaltensprobe widerspiegeln oder erfolgreich kompensiert werden.

Schließlich sollte durch einschlägige, kraftfahrtspezifische Persönlichkeitstests untersucht werden, ob und inwiefern sich Patienten und gesunde Testfahrer in für den Straßenverkehr relevanten Persönlichkeitseigenschaften voneinander unterscheiden und ob ggf. solche Testverfahren - auch wenn sie derzeit in der Fahreignungsdiagnostik in Deutschland nicht standardmäßig eingesetzt werden (s. Abschnitt 2.3.1) - zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten hilfreich sind.

Die Studie wurde in Zusammenarbeit mit der Universitätsklinik für Neurologie Würzburg am IZVW durchgeführt und von der dPV als Nachfolgeprojekt der Fragebogen- und Interviewstudie gefördert. Der Erhebungszeitraum lag zwischen April 2003 und Juni 2004. Die Studie wurde am 24.03.2003 von der Ethik-Kommission der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg genehmigt und unter Beachtung der Deklaration des Weltärztebundes von Helsinki in ihrer letzten Version vom Oktober 1996 (Republik Südafrika) durchgeführt. Alle Personen wurden durch eine schriftliche Patienten- bzw. Testfahrerinformation über die Studie aufgeklärt und bestätigten dies in einer entsprechenden Einverständniserklärung durch ihre Unterschrift.

Die Rekrutierung der Patienten erfolgte in Zusammenarbeit mit der Universitätsklinik für Neurologie Würzburg und mit Unterstützung des Kompetenznetzes Parkinson. Alle Patienten wurden vor ihrer Teilnahme in der Universitätsklinik für Neurologie eingehend untersucht. Die übrigen Daten (Fahrsimulation, Leistungstests, Fragebogenverfahren) wurden am IZVW erhoben.

## 8.2 Methodik

In den folgenden Abschnitten sollen Versuchsplan und Stichprobe, der Ablauf der Fall-Kontroll-Studie sowie das zugrunde liegende Auswertungskonzept dargestellt werden. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Untersuchungsteile (insbesondere der Streckengestaltung) sowie der zur Auswertung herangezogenen Parameter und Analysen erfolgt - der Übersichtlichkeit wegen - direkt vor den Ergebnissen aus dem jeweiligen Untersuchungsteil.

### 8.2.1 Versuchsplan und Rekrutierung der Stichprobe

Untersucht wurden 24 Parkinson-Patienten (Zielgruppe, ZG) im Vergleich zu 24 gesunden Testfahrern (Vergleichsgruppe, VG), gematcht nach Alter, Geschlecht und Fahrerfahrung. Die 24 Patienten wurden nach Krankheitsschwere (Hoehn & Yahr Stadien 1-3) und Tagesmüdigkeit (liegt vor vs. liegt nicht vor) in 3x2 Subgruppen geschichtet. Es handelte sich also um einen 2x3x2-faktoriellen Versuchsplan mit dem als abhängig betrachteten Faktor *Parkinson (PD)* sowie den unabhängigen Faktoren *Krankheitsschwere (H&Y)* und *Tagesmüdigkeit (TM)*.

Das Vorliegen von Tagesmüdigkeit wurde durch die folgenden Kriterien, die im Rahmen der Rekrutierung per Fragebogen erfasst wurden, operationalisiert (s. Anhang 1.1.1):

- mindestens leicht erhöhter Score (>10 Punkte) auf der ESS (Johns, 1992) *und/ oder*

- das aktuelle Erleben plötzlicher Einschlafereignisse am Tage (SOS) in aktiven Situationen (beim Schreiben, Sprechen, Telefonieren, bei der Haus-/ Gartenarbeit oder beim Autofahren) *und/ oder*
- freie Äußerungen über extreme Probleme mit Müdigkeit am Steuer im Rahmen der Parkinson-Erkrankung.

Kriterien für den Ausschluss von Tagesmüdigkeit waren

- die gleichzeitige Verneinung der oben genannten Punkte *und*
- die subjektive Verneinung einer allgemeinen Tagesmüdigkeit (Beantwortung der Frage „Sind Sie zur Zeit tagsüber müde?“ mit *nie*, *selten* oder *manchmal*, nicht mit *häufig* oder *fast immer*).

Aus diesen Kriterien wird ersichtlich, dass auch Mischgruppen möglich sind, die weder eindeutig als „mit“ noch als „ohne“ Tagesmüdigkeit klassifiziert werden können.<sup>16</sup> Da im Hinblick auf die Tagesmüdigkeit ein Vergleich von Extremgruppen angestrebt wurde, wurden solche Patienten von der Studie ausgeschlossen.

Weitere Einschlusskriterien für die ZG waren die differentialdiagnostische Absicherung eines idiopathischen Parkinson-Syndroms sowie eine optimale medikamentöse Einstellung.

Auswahlkriterien, die für beide Gruppen galten, waren

- Besitz einer Fahrerlaubnis und noch aktive Teilnahme am motorisierten Straßenverkehr,
- keine Fahrschullehrer oder Polizisten,
- keine schweren internistischen oder zentralnervösen Erkrankungen (z.B. Epilepsie, Psychosen), keine medizinisch relevanten klinischen Abnormalitäten (z.B. instabile Angina pectoris),
- keine Begleiterkrankungen, die häufig oder primär symptomatisch mit einer Sedierung verbunden sind (z.B. Schlafapnoe),
- keine neu begonnene Einnahme sedierender Begleitmedikationen oder Antidepressiva und keine Einnahme sedierender Begleitmedikationen mit subjektiv empfundener Nebenwirkung „Müdigkeit“<sup>17</sup> sowie
- keine Demenz (MMSE > 26; Folstein et al., 1975)

Bezüglich der Geschlechtsverteilung wurde ein Verhältnis von mindestens 3:1 (Männer : Frauen) angestrebt.

Die ZG wurde über die Regionalgruppe Würzburg der dPV, die neurologische Ambulanz der Universitätsklinik Würzburg, die Stichprobe der dPV-Befragung 2000 und das Kompetenznetz Parkinson rekrutiert. Die VG setzte sich aus Probanden des Testfahrerpanels am IZVW zusammen.

---

<sup>16</sup> Bspw. Patienten mit normalem ESS-Score aber SOS in ruhigen Situationen (wie beim Fernsehen) oder einer häufig erlebten subjektiven Tagesmüdigkeit.

<sup>17</sup> Nach Möller et al. (2005) nehmen mehr als die Hälfte (55%) der Parkinson-Patienten sedierende Begleitmedikamente ein, so dass diese - auch aus Gründen der Repräsentativität - nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden sollten. So wurden entsprechende Medikationen zugelassen, wenn diese seit mindestens einem Monat ohne den subjektiven Bericht von Müdigkeit als Nebenwirkung eingenommen wurden. Analog wurde bei der VG vorgegangen, da auch hier sedierende Begleitmedikamente altersbedingt relativ häufig eingenommen wurden.

## 8.2.2 Ablauf und Inhalte der Fall-Kontroll-Studie

Neben einer ex ante als Rekrutierungsgrundlage durchgeführten neurologischen Untersuchung und einem ausgiebigen Training in der Fahrsimulation bestand die Studie - wie bereits erläutert - aus drei zentralen Untersuchungsteilen:

- (1) einer Fahrverhaltensprobe in der Simulation mit vielfältigen Szenarien zur Prüfung von Fahrfertigkeiten im Sinne einer Fahrprüfung ohne und mit instruiertem Zeitdruck (zur Kompensationserschwerung),
- (2) einer Nachtfahrt in der Simulation unter extremer Monotonie („Vigilanzfahrt“),
- (3) einer Leistungstestbatterie am Act-React-Testsystem (ART-2020).

Zusätzlich wurden verschiedenste Fragebogen- und Testverfahren zum Ausschluss von Demenz (MMSE)<sup>18</sup>, zu demographischen Daten, zur Parkinson-Erkrankung, zur Fahrerfahrung, zum Fahrverhalten und zum Einsatz kompensatorischer Strategien angewandt und verkehrsrelevante Persönlichkeitstests am ART-2020 dargeboten.

Die Fahrverhaltensprobe fand jeweils an einem eigenen Untersuchungstermin statt, den die Testfahrer auch im Hinblick auf die Tageszeit frei wählen konnten. Die Vigilanzfahrt wurde an einem weiteren frei wählbaren Tag durchgeführt, allerdings stets um die Mittagszeit nach der Leistungstestung am ART-2020 und einem warmen Mittagessen. Die übrigen Verfahren kamen zu flexiblen Zeitpunkten im Verlauf dieser Untersuchungstermine oder auch schon im Rahmen des Simulatortrainings zum Einsatz. Die Erhebungszeit betrug inklusive Simulatortraining durchschnittlich 15-20 Stunden pro Testfahrer, wobei diese auf drei bis sechs Untersuchungstermine aufgeteilt wurden.<sup>19</sup>

Im Folgenden wird über die einzelnen Untersuchungsteile noch ein etwas ausführlicherer Überblick gegeben. Eine detaillierte Beschreibung, insbesondere im Hinblick auf die zur Auswertung herangezogenen Parameter, erfolgt aber - wie bereits erwähnt - erst in den Abschnitten 8.4 bis 8.8.

### 8.2.2.1 Neurologische Untersuchung/ Rekrutierung der Testfahrer

Da die Patienten nach Krankheitsschwere und Tagsmüdigkeit geschichtet werden sollten, wurden sie im Rahmen der neurologischen Ambulanz der Universitätsklinik Würzburg auch im Hinblick auf diese Kriterien untersucht. So wurden handverlesene Patienten aus dem Panel der Universitätsklinik, in der Ambulanz vorstellige Patienten, Patienten der Würzburger Regionalgruppe der dPV sowie Patienten aus der Stichprobe der dPV-Befragung 2000 ex ante dort untersucht und bei Erfüllung der Auswahlkriterien zur Vorstellung beim IZVW eingeladen. Die letzte Patientin konnte durch Vorlage sehr konkreter Kriterien (weiblich, Hoehn & Yahr-Stadium 1 mit Tagsmüdigkeit) über das Kompetenznetz Parkinson mit Unterstützung der Klinik für Neurologie Bonn gewonnen werden.

---

<sup>18</sup> Bei der Mini-Mental State Examination (MMSE) handelt es sich um ein Verfahren, das eigentlich der neurologischen Untersuchung zuzuordnen ist, aber aus organisatorischen Gründen im Rahmen des Fahrsimulator-Trainings durchgeführt wurde. Im Falle eines auffälligen MMSE-Scores wurde (bei begonnenem Training und innerhalb der VG) zur Absicherung auch der Uhrentest nach Shulman, Shedletsy und Silver (1986) durchgeführt. Nur wenn hier ebenfalls ein auffälliger Befund resultierte, wurden die entsprechenden Personen von der Studie ausgeschlossen.

<sup>19</sup> Das Simulatortraining wurde üblicherweise in zwei Sitzungen, in Einzelfällen an einem Termin durchgeführt. Teilweise waren aber auch vier Sitzungen nötig.

Neben der differentialdiagnostischen Absicherung eines idiopathischen M. Parkinson und der Einstufung der Krankheitsschwere nach Hoehn und Yahr (1967) wurde der Schweregrad auch unter Verwendung der UPDRS III (Fahn et al., 1987) bestimmt. Ebenso wurde in diesem Rahmen der Fragebogen zur Bestimmung der Tagesmüdigkeit (s. Anhang 1.1.1) vorgegeben.

### 8.2.2.2 Fahrsimulation

#### 8.2.2.2.1 Der Würzburger Fahrsimulator

Im Gegensatz zu den meisten Fahrsimulatoren ist der Würzburger Fahrsimulator speziell zu Forschungszwecken entwickelt und unterliegt anderen Anforderungen als Simulatoren, die zu Trainingszwecken eingesetzt werden. Während in der Trainingsanwendung auf eine möglichst detailgetreue Nachahmung der Umwelt geachtet werden muss, ist in der Forschung die Reproduzierbarkeit bestimmter Situationen sowie deren Aufzeichnung und weniger die grafische Darstellung wichtig. Die Ansprüche auf Hardwareseite sind Skalierbarkeit (das System soll in unterschiedlichen Ausbaustufen einsetzbar sein; z.B. Fahrstand vs. Simulation mit Bewegungssystem), Plattform-Unabhängigkeit (verschiedene Betriebssysteme, unterschiedliche Grafik-Hardware), flexible Erweiterbarkeit z.B. mit Fahrerassistenzsystemen und die Verwendung von käuflichen Standardkomponenten. Fragenorientiert betreffen diese besonderen Anforderungen die Aufzeichnung, von der eine hohe Transparenz erwünscht ist, besondere Gestaltungsmöglichkeiten der Szenarien sowie die Steuerung und Aufzeichnung des autonomen Verkehrs.

Der Würzburger Fahrsimulator ist mit einem Bewegungssystem ausgestattet, das sechs Freiheitsgrade hat und lineare Beschleunigungen bis  $5\text{m/s}^2$ , rotatorische bis  $100^\circ/\text{s}^2$  darstellen kann. Es besteht aus sechs elektropneumatischen und drei passiven, pneumatischen Aktuatoren (Hub +/- 60cm; Neigung +/-  $10^\circ$ ; vgl. Abbildung 8.2-1).

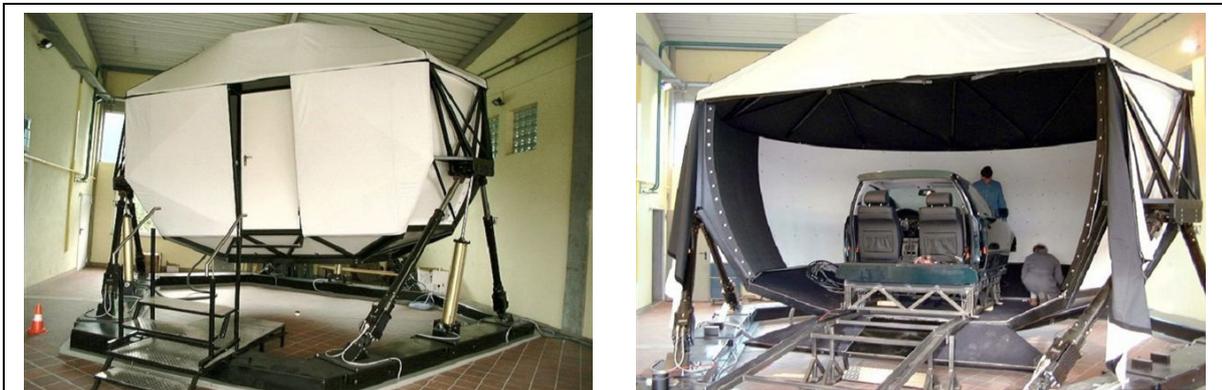


Abbildung 8.2-1: Der Würzburger Fahrsimulator in Betrieb (links) und während eines Umbaus (rechts). In der Kuppel zu sehen sind das Fahrzeug-Mockup (BMW 520i) und die Projektionsfläche für die Frontsicht.

Das Fahrzeug-Mockup ist voll instrumentiert und entspricht dem seriengefertigten Fahrzeug mit Automatikgetriebe (BMW 520i). Für die realistische Darstellung des Lenkmoments sorgt ein auf der Basis eines Lenkmodells gesteuerter Servomotor. Die Projektion erfolgt über drei Röhrenprojektoren (CRT - Cathode Ray Tube), die in der Kuppel angebracht sind. Über die drei Kanäle wird ein Bildausschnitt von  $180^\circ$  dargeboten. Als Außen- und Innenspiegel fungieren LCD-Displays. Insgesamt besteht das System aus 14 Rechnern, die unter dem Microsoft Betriebssystem Windows 2000 bzw. Windows NT laufen. Der Datenaustausch zwischen

den Rechnern erfolgt über ein 100 Mbit Ethernet. Das System wird von einem Bedienplatz gesteuert, von dem aus der Fahrer über eine Videoanlage beobachtet werden kann und mit dem Versuchsleiter über eine Gegensprechanlage in Kontakt steht. Die Datenaufzeichnung kann durch den Versuchsleiter überwacht werden.

Alle Parameter der Fahrzeugbewegung und -bedienung können aufgezeichnet werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit zur Erfassung der physiologischen Parameter Herzrate (Elektrokardiogramm), Lidschluss, Augenbewegungen (Elektrookulogramm) und Gehirnstöme (Elektroenzephalogramm). Die Ausführung unterschiedlicher Nebenaufgaben ist möglich. Im Datensatz enthalten sind neben Informationen über das Messfahrzeug auch solche über den umgebenden Verkehr.

#### 8.2.2.2.2 *Simulatortraining*

Die Teilnahme an Untersuchungen setzt am IZVW für alle Testfahrer standardmäßig ein ausgiebiges Training im Fahrsimulator voraus. Durch dieses Training soll dem Phänomen der Simulator-Sickness vorgebeugt und den Testfahrern die Gelegenheit gegeben werden, sich an das Fahrzeug zu gewöhnen. So wurden natürlich auch alle Parkinson-Patienten vor der Durchführung der Fahrverhaltensprobe und der Vigilanzfahrt an bis zu vier Terminen im Fahrsimulator trainiert. Insbesondere geht es bei diesem Training um die Einübung von Spur- und Abstandshaltung, gezieltem Beschleunigen und Bremsen sowie die Abschätzung von Entfernungen und Geschwindigkeiten.

Insgesamt sind mindestens sieben Strecken mit aufsteigender Schwierigkeit zu durchfahren. Je nach

- Verträglichkeit (bei Problemen mit Simulator Sickness können optional weitere, einfachere Fahrten in den normalen Ablauf eingefügt werden),
- subjektiver Zufriedenheit (auf Wunsch konnten die Testfahrer bestimmte Manöver nochmals üben) und
- Anzahl von Terminen (bei jedem Termin wurde zunächst eine einfache Strecke zum Eingewöhnen gefahren, bevor das eigentliche Training fortgesetzt wurde)

werden zusätzliche Strecken durchfahren oder bestimmte Strecken wiederholt.

Die Notwendigkeit und Bedeutung eines solchen Trainings für die Aussagekraft wissenschaftlicher Studien wurden in eigenen Untersuchungen am IZVW geprüft. Die entsprechenden Befunde wurden an anderer Stelle veröffentlicht (Hoffmann & Buld, 2006; Hoffmann, Krüger & Buld, 2003), so dass im Rahmen der vorliegenden Arbeit auf weitere Ausführungen zum Simulatortraining verzichtet wird.

Festzuhalten ist, dass im Rahmen der vorliegenden Studie insgesamt 30 Parkinson-Patienten das Simulatortraining begonnen hatten. Zwei Patienten brachen das Training wegen Simulator Sickness ab, weitere vier Patienten brachen ihre Teilnahme an der Studie nach abgeschlossenem Training ab (1x wegen Simulator Sickness, 1x wegen extremem Tremor in der Testsituation, 1 x aufgrund der mit einer längeren Anfahrt verbundenen Anstrengung, 1 x aus unbekanntem Gründen). Die Ausfallrate betrug demnach 20%, was auch in etwa der Ausfallrate bei gesunden Testfahrern vergleichbaren Alters am IZVW (17%)<sup>20</sup> entspricht. Zusätzlich absolvierten zwei Patienten mit mutmaßlicher Demenz sowie eine Patientin, welche das Fahren bereits aufgegeben hatte, (fast) das komplette Untersuchungsprogramm. Die Daten dieser

---

<sup>20</sup> Betrachtet wurde hier eine Subgruppe von 30 gesunden Testfahrern, welche den identischen Ablauf beim Simulatortraining absolviert hatten.

Patienten gingen zwar nicht mit in die Auswertung ein, da aber die Erfahrungen mit ihnen besonders interessant erschienen, sollen sie im Abschnitt 8.9 kurz zusammengefasst werden.

#### 8.2.2.2.3 *Fahrverhaltensprobe*

Durch einen standardisierten Parcours im Fahr Simulator galt es, sowohl die Fertigkeiten der Testfahrer im Hinblick auf die Fahrzeugstabilisierung (Automatismen in Längs- und Querführung, d.h. primär psychomotorische Aspekte), aber auch im Hinblick auf kontrollierte Prozesse wie Situationsverständnis und Entscheidungen (primär kognitive Aspekte) zu beurteilen.

Der Parcours (Fahrverhaltensprobe 1, FVP1) zeichnete sich daher durch eine große Vielfalt an Szenarien unterschiedlicher Schwierigkeit aus (Landstraße mit geraden und kurvigen Abschnitten, kleinere Ortschaften, Verkehrsknotenpunkte, Fahrfehler anderer Fahrzeuge, Fahrbahnverengung etc.; s. dazu Abschnitt 8.4.1).

Um das Ausmaß und die Wirkung kompensatorischer Bemühungen auf taktischer Ebene abschätzen zu können, wurde die erste Hälfte des Prüfparcours (FVP1a) ein weiteres Mal unter Zeitdruck gefahren (FVP2).

Bei beiden Fahrten erfolgte die Beurteilung der Leistung einerseits anhand einer Fehlerzählung und -kategorisierung durch zwei geschulte Beobachter (Fahrverhaltensbeobachtung in Anlehnung an Brenner-Hartmann, 2002), andererseits durch die Auswertung von (über die Simulation) aufgezeichneten Fahrdaten. Darüber hinaus wurde als physiologischer Indikator der Beanspruchung während der Fahrten die Herzrate mittels Klebeelektroden über Brustwandableitung gemessen und ebenfalls über die Simulation aufgezeichnet. Die subjektive Leistungsgüte und Beanspruchung wurden nach den Fahrten per Fragebogen erfasst.

Um einen motivationalen Anreiz zu schaffen, gab es für den jeweils besten Testfahrer aus ZG und VG einen Buchgutschein im Wert von 15 Euro zu gewinnen.

Der chronologische Ablauf dieses Untersuchungstermins, der im Durchschnitt etwa drei Stunden in Anspruch nahm, ist in Tabelle 8.2-1 dargestellt.

Zunächst wurde nach einer allgemeinen Instruktion eine einfache, etwa 10-minütige Strecke zum Einfahren absolviert, um den Testfahrern die Möglichkeit zu geben, sich wieder an das Fahren im Simulator zu gewöhnen. Zur Kontrolle von Simulator Sickness wurde vor und nach dieser Fahrt ein Fragebogen zu körperlichen Beschwerden vorgegeben. Anschließend durchfuhren die Testfahrer den etwa 45 Minuten andauernden Parcours mit unterschiedlichen Fahr-situationen und -aufgaben (FVP1), wobei zwei geschulte Beobachter anhand eines auf die Fahrt abgestimmten Protokollbogens die Fahrfehler der Testfahrer zählten. Nach der Fahrt wurden verschiedene Fragebögen zur Strecke und zur Befindlichkeit bearbeitet sowie ein halbstrukturiertes Interview zur Fahrt durchgeführt.

Anschließend durchfuhren die Testfahrer die erste Hälfte des Parcours noch ein weiteres Mal (FVP2=FVP1a), wobei ihnen die Strecke aber nur als eine der ersten „ähnliche“ angekündigt wurde. Um eine minimale Kompensation über die Geschwindigkeit zu erreichen, wurden die Testfahrer nun vom Versuchsleiter instruiert, dass sie unter Zeitdruck stünden und im Rahmen der Straßenverkehrsordnung so schnell wie möglich fahren sollten. Diese Aufforderung („Denken Sie daran, dass Sie es eilig haben! Fahren Sie also im Rahmen der Straßenverkehrsordnung so schnell wie möglich!“) wurde zudem während der Fahrt wiederholt als Audio-Datei dargeboten. Auch während dieser etwa 20-minütigen Fahrt registrierten zwei Beobachter unter Verwendung eines entsprechenden Beobachtungsbogens die Fahrfehler der Testfahrer. Abschließend wurden wiederum Fragebögen zur Befindlichkeit und zur Fahrt bearbeitet und analog zur FVP1 ein halbstandardisiertes Interview durchgeführt.

Am Ende des Untersuchungstermins sollten die beiden Beobachter in Anlehnung an die Fahrverhaltensprobe nach Brenner-Hartmann (2002) beurteilen, ob im Fahrverhalten des Testfahrers keine, leichte, nicht unerhebliche oder schwerwiegende Auffälligkeiten zu beobachten waren.

Die Texte zur Instruktion finden sich in Anhang 1.1.2, die in Tabelle 8.2-1 genannten Frage- und Beobachtungsbögen sowie der Interviewleitfaden wurden aus Platzgründen nicht in den Anhang aufgenommen. Eine Darstellung der zur statistischen Analyse herangezogenen Items soll im Rahmen der detaillierten Ausführungen zur Fahrverhaltensprobe erfolgen (s. Abschnitt 8.4).

*Tabelle 8.2-1: Ablauf der Fahrverhaltensprobe.*

| <b>Verfahren</b> | <b>Beschreibung</b>                                                                                                                                                 |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Instruktion      | allgemeine Informationen zum Ablauf des Untersuchungstermins und Anliegen der Elektroden zur Messung der Herzrate                                                   |
| Fragebogen       | Fragebogen zu körperlichen Beschwerden <sup>21</sup>                                                                                                                |
| Fahrt 1          | Einfahren: Durchfahren einer Landstraße mit kleineren Ortschaften ohne Kreuzungen, dabei Umfahren parkender Fahrzeuge am Straßenrand (ca. 10min)                    |
| Fragebogen       | Fragebogen zu körperlichen Beschwerden                                                                                                                              |
| Instruktion      | Aufgabenstellung „Fahren Sie fehlerfrei, aber auch so zügig wie möglich!“, Definition von Fehlern                                                                   |
| Fahrt 2          | FVP1 (ca. 45min), Fahrverhaltensbeobachtung durch zwei geschulte Beobachter anhand eines auf die Fahrt abgestimmten Protokollbogens                                 |
| Fragebogen       | Fragebogen zu körperlichen Beschwerden, fahrtbezogene Fragen und Fragen zu Belastungsdimensionen                                                                    |
| Interview 1      | halbstandardisierte Befragung zur Strecke allgemein und situationsbezogen                                                                                           |
| Instruktion      | Aufgabenstellung „Fahren Sie im Rahmen der Straßenverkehrsordnung so schnell wie möglich!“, nochmalige Definition von Fehlern                                       |
| Fahrt 3          | FVP2 (=erste Hälfte von FVP1 = FVP1a, ca. 20min), Fahrverhaltensbeobachtung durch zwei geschulte Beobachter anhand eines auf die Fahrt abgestimmten Protokollbogens |
| Fragebogen       | Fragebogen zu körperlichen Beschwerden, fahrtbezogene Fragen und Fragen zu Belastungsdimensionen                                                                    |
| Interview 2      | halbstandardisierte Befragung zur Strecke allgemein und situationsbezogen sowie im Vergleich zur FVP1                                                               |
| Testleiterurteil | abschließendes Urteil zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten nach Brenner-Hartmann (2002)                                                                              |

<sup>21</sup> Bei der ZG jeweils erweitert um fünf Items zur Parkinson-Symptomatik.

#### 8.2.2.2.4 *Vigilanzfahrt*

Die Vigilanzfahrt sollte der besonderen Problematik der Tagesmüdigkeit bei Parkinson-Patienten gerecht werden, d.h. sie zielte primär auf die aktivationale Ebene der Fahraufgabe ab, bei der die Zustandserhaltung sowie die Leistungsveränderung im Verlauf der Zeit (Time on Task) im Vordergrund stehen.

So wurde eine extrem monotone Nachtfahrt mit minimalen Anforderungen gestaltet (Landstraße bei Dunkelheit, einfaches Folgefahren hinter einem mit dem Ego-Fahrzeug synchronisierten Führungsfahrzeug mit einer Maximal-Geschwindigkeit von 80km/h, s. Abbildung 8.2-2). Die Fahrt wurde im Mittagstief durchgeführt und war darauf angelegt, Müdigkeit und Einschlafereignisse zu provozieren. Die Testfahrer wurden instruiert, die 92km lange Strecke möglichst gut und v.a. *ohne* Einschlafereignisse zu bewältigen. Dabei wurde ihnen angeboten, dreiminütige Pausen einzulegen, wann immer sie es für nötig hielten. Andererseits sollten sie aber auch möglichst schnell ans Ziel kommen (s. Instruktion in Anhang 1.1.3 bzw. 1.1.4). Die primären Beurteilungskriterien waren demnach



*Abbildung 8.2-2: Szenario der Vigilanzfahrt: Monotones Folgefahren bei Nacht über 92km bei maximal 80km/h.*

- auf der Zustandsebene das Auftreten von Einschlafereignissen und
- auf der Leistungsebene die Bewältigung der Stabilisierungsaufgabe (Spurhaltung, Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten) im Verlauf der Zeit.

Wie in der Fahrverhaltensprobe wurden also auch hier kompensatorische Bemühungen erfasst. Während dies aber in der Fahrverhaltensprobe durch Zeitdruck bzw. auf taktischer Ebene geschah, wurde Kompensation nun - auf strategischer Ebene - durch die Inanspruchnahme der für den Fahrer in Zeitpunkt und Häufigkeit frei wählbaren Pausen operationalisiert.

Zur objektiven Beurteilung des Zustands der Testfahrer und zur Detektion von Einschlafereignissen wurde der Lidschluss abgeleitet und das Urteil eines geschulten Beobachters herangezogen (Online-Beobachtung). Zusätzlich wurde zur Prüfung der Vigilanz eine akustische Nebenaufgabe (Vigilanzuhr) zugeschaltet, was die Monotonie der Fahraufgabe noch verstärkte.

Zur Erfassung der Selbsteinschätzung wurden die Testfahrer während der Fahrt in regelmäßigen Abständen zu ihrem Zustand befragt und zu einer Prognose ihrer Leistungsfähigkeit im weiteren Verlauf der Fahrt aufgefordert (Online-Befragung). Zusätzlich wurde der subjektive Zustand vor und nach der Fahrt durch Vorgabe der Stanford Sleepiness Scale (SSS; Hoddes, Zarcone, Smythe, Phillips & Dement, 1996) erfasst. Eine Selbsteinschätzung zur Leistung und Beanspruchung erfolgte ferner durch die gleichen Fragebögen, die auch in der Fahrverhaltensprobe eingesetzt wurden.

Auch hier wurde zur Belohnung für die beste Leistung ein Buchgutschein im Wert von 15 Euro in Aussicht gestellt.

Der chronologische Ablauf dieses zweiten Untersuchungstermins ist in Tabelle 8.2-2 dargestellt. Die Vigilanzfahrt wurde nach einer am IZVW angebotenen warmen Mahlzeit im Mittagstief durchgeführt. Am Vormittag fand die Leistungstestung am ART-2020 statt, so dass von einer gewissen Erschöpfung auszugehen war. Die Kombination dieser geistigen Bean-

spruchung und das Ausnutzen des Mittagstiefs wurden somit als gute Ausgangsbedingung für die Induktion von Müdigkeit durch die Vigilanzfahrt gesehen. Zudem erhielten die Testfahrer an diesem Untersuchungstag keine koffeinhaltigen Getränke. Aufgrund der stark ermüdenden Wirkung der Fahrt wurden die Testfahrer darauf hingewiesen, dass sie anschließend nicht aktiv am Straßenverkehr teilnehmen sollten. Für den Fall, dass es ihnen nicht möglich war, sich von einer ihnen vertrauten Person fahren zu lassen oder öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen, wurde ihnen angeboten, von einem Mitarbeiter des IZVW abgeholt und wieder nach Hause gebracht zu werden. Wollten sie dieses Angebot nicht in Anspruch nehmen, wurden sie aufgefordert, eine entsprechende Erklärung zu unterschreiben.

*Tabelle 8.2-2: Ablauf der Vigilanzfahrt.<sup>22</sup>*

| <b>Verfahren</b>                       | <b>Beschreibung</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [ART-2020 Leistungstests, Mittagessen] |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Instruktion                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen zu Inhalt und Bedeutung der Fahrt</li> <li>• ggf. schriftliche Einverständniserklärung zur aktiven Teilnahme am Straßenverkehr auf eigene Gefahr</li> <li>• Aufgabenstellung „Versuchen Sie, die etwa 100km lange Strecke so schnell wie möglich zu durchfahren, aber ohne den Vordermann zu überholen und v.a. ohne einzuschlafen“, Informationen zur Fahraufgabe, Nebenaufgabe, Online-Befragung und zum Pausenkonzept</li> <li>• Übung der Online-Befragung</li> <li>• Anlegen der Lidschlussspulen</li> </ul> |
| Fragebogen                             | Fragebogen zur Nachtschlafdauer in den letzten Tagen sowie zu aktuellem Konsum von Koffein, Alkohol und Medikamenten, Fragebogen zu körperlichen Beschwerden <sup>23</sup> , SSS (Hoddes et al., 1996)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Fahrt 1                                | Übungsfahrt (15 Minuten): Landstraße bei Tageslicht, geradeaus fahren ohne Führungsfahrzeug mit Nebenaufgabe (Vigilanzuhr), Online-Beobachtung und abschließende Online-Befragung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Fahrt 2                                | Vigilanzfahrt (92km): Landstraße bei Dunkelheit mit Führungsfahrzeug (Maximalgeschwindigkeit 80km/h) und Nebenaufgabe (Vigilanzuhr) mit regelmäßiger Online-Beurteilung und Online-Befragung sowie Online-Befragung nach optionalen 3-Minuten-Pausen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Fragebogen                             | Fragebogen zu körperlichen Beschwerden, SSS (Hoddes et al., 1996), fahrtbezogene Fragen und Fragen zu Belastungsdimensionen, freie Äußerungen zur Fahrt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Nach einer ausführlichen Instruktion über den Ablauf der Vigilanzfahrt, dem Anlegen der Lidschlussspulen und der Bearbeitung verschiedener Fragebögen wurde zunächst wieder eine 15-minütige Strecke durchfahren, um den Testfahrern Gelegenheit zu geben, sich an den Simulator zu gewöhnen. Es handelte sich um eine sehr einfache Strecke bei Tageslicht ohne vorausfahrendes Fahrzeug. Die Fahrt diente außerdem dazu, die Nebenaufgabe und die Online-Befragung zu üben. Ferner konnte der Testleiter hier einen guten Eindruck über die vom

<sup>22</sup> Die genannten Frage- und Beobachtungsbögen wurden wiederum aus Platzgründen nicht in den Anhang aufgenommen. Eine Darstellung der zur statistischen Analyse herangezogenen Items findet sich in Abschnitt 8.5.

<sup>23</sup> Bei der ZG wiederum erweitert um fünf Items zur Parkinson-Symptomatik.

Testfahrer präferierte Geschwindigkeit gewinnen bzw. ob die Maximal-Geschwindigkeit des Führungsfahrzeugs von 80km/h in der eigentlichen Vigilanzfahrt für den Testfahrer zu schnell oder zu langsam war. Nach dieser Fahrt wurde direkt der Hauptversuch gestartet. Die Strecke sollte - abgesehen von den optionalen dreiminütigen Pausen - ohne Unterbrechung durchfahren werden. Wie bereits erwähnt, beurteilte und dokumentierte der Testleiter in regelmäßigen Abständen das Verhalten und den Zustand der Testfahrer und befragte sie (online) zu ihrem Zustand. Während der 3-Minuten-Pausen, welche die Testfahrer wann immer und so oft sie wollten in Anspruch nehmen konnten, musste die Nebenaufgabe nicht beachtet werden, das Fahrzeug durfte allerdings nicht verlassen werden, da dies zu aktivierend gewirkt hätte (die Pausen sollten primär als Ausdruck eines verantwortungsbewussten Umgangs mit Müdigkeit und einer adäquaten Selbsteinschätzung gewertet und weniger in ihrer Effizienz gegen Müdigkeit untersucht werden). Nach Ablauf der drei Minuten wurden die Testfahrer zu ihrem Zustand sowie zu dem Grund für die Pause befragt und anschließend aufgefordert, weiterzufahren. Nach Beendigung der Fahrt wurden wieder verschiedene Fragebögen zur Befindlichkeit und zur Fahrt bearbeitet.

Insgesamt nahm die Durchführung der Vigilanzfahrt - wie die Fahrverhaltensprobe - durchschnittlich drei Stunden in Anspruch.

### 8.2.2.3 ART-2020

Durch eine Batterie von Leistungs- und Persönlichkeitstests sollten fahrrelevante Fähigkeiten und Eigenschaften geprüft und mit der Parkinson-Erkrankung einhergehende Beeinträchtigungen aufgedeckt werden.

In Analogie zur klassischen Fahreignungsdiagnostik wurde eine Leistungstestbatterie am ART-2020 angeboten. Beim ART-2020 handelt es sich um ein Testsystem, das am Kuratorium für Verkehrssicherheit Wien zur Fahreignungsbegutachtung entwickelt wurde und eine umfassende Untersuchung kraftfahrrelevanter Leistungs- und Persönlichkeitsdimensionen ermöglicht (s. Abbildung 8.2-3). Die Darbietung der Tests am ART-2020 gewährleistet ein hohes Maß an Standardisierung bzgl. Vorgabe und Auswertung. Die Aufgaben werden in einer festgelegten Reihenfolge dargeboten. Die Instruktion erfolgt über Filmsequenzen oder schriftliche Anweisungen am Bildschirm. Die relevanten Scores pro Person und Test werden automatisiert berechnet, gespeichert und in Form von Prozenträngen mit den Leistungen einer Normstichprobe verglichen. Die Normstichprobe setzt sich aus Klienten der österreichweiten Fahreignungsbegutachtung mit den Hauptzuweisungsgründen Alkohol und Berufskraftfahrer zusammen. Die Größe der Stichprobe variiert je nach Testverfahren bis zu  $n=33\ 998$  (Stand Oktober 2002). Bei Testpersonen, die mindestens 50 Jahre alt sind, wird zudem ein entsprechender Altersprozentrang ausgegeben. Eine detaillierte Beschreibung des Systems gibt Wenninger (2001).



*Abbildung 8.2-3: ART-2020 Mobil, das transportable Kleingerät der Testgerätefamilie ART 2020.*

Entsprechend Anlage 5 FeV enthielt die verwendete Testbatterie Verfahren zur Untersuchung von Belastbarkeit, Orientierung, Konzentration, Aufmerksamkeit und Reaktionsfähigkeit. Zusätzlich wurden Intelligenz und optische Merkfähigkeit geprüft. Die Aussagekraft der Testverfahren im Hinblick auf das Fahrverhalten wurde in mehreren Validierungsstudien wis-

senschaftlich abgesichert (u.a. Bukasa, Christ, Ponocny-Seliger, Smuc & Wenninger, 2003; Bukasa & Piringer, 2001; s. dazu auch Abschnitt 2.3).

Kritisch zu erachten war, dass es sich hier für die Testfahrer - im Widerspruch zur Forderung von Bukasa und Utzelmann (in Vorbereitung, s. ebenfalls Abschnitt 2.3) - nicht um eine Ernstsituation handelte. Um zumindest eine gewisse Erhöhung der Motivation zu gewährleisten, wurde als Anreiz wieder ein Buchgutschein im Wert von 15 Euro für den besten Patienten und den besten Testfahrer der VG angekündigt (s. Instruktion in Anhang 1.1.5).

Insgesamt nahm diese Testbatterie pro Testperson zwei bis drei Stunden in Anspruch. Dies ist deutlich länger als die vom System veranschlagte Zeit von etwa 75 Minuten (reine Testzeit ohne Instruktionen: 52 Minuten), was v.a. daran lag (und dieser Befund sei vorweggenommen), dass sehr viel Hilfestellung und zusätzliche Instruktionen notwendig waren.

#### 8.2.2.4 Fragebogen zum Fahrverhalten

Wie beim älteren Fahrer allgemein, ist bei Parkinson-Patienten in besonderem Maße davon auszugehen, dass sie ihre alters- bzw. krankheitsbedingten Leistungsbeeinträchtigungen durch verschiedene Strategien kompensieren oder es zumindest versuchen. So wurde vermutet, dass dies auch bei ihnen primär auf strategischer und taktischer Ebene und weniger bei operationalen Aspekten der Fahraufgabe geschieht (s. dazu Abschnitt 4.3). Um zu erfassen, wie stark solche Strategien von den Testfahrern nach ihrer eigenen Einschätzung angewandt werden, wurde ein entsprechender Fragebogen entworfen. Erfasst wurden dabei alterstypische Strategien aus der Literatur sowie Strategien, die speziell von Parkinson-Patienten im Rahmen der dPV-Befragung 2000 sehr häufig genannt wurden (s. Fragebogen zum Fahrverhalten in Anhang 1.1.6).

#### 8.2.3 Auswertungsdesign

Da die Testfahrer gezielt nach den Faktoren Parkinson-Erkrankung, Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit rekrutiert wurden, handelt es sich hier um ein quasi-experimentelles Versuchsdesign. Aufgrund der Matched Samples wurde eine Auswertung des Faktors *Parkinson (PD)* als „Within-Faktor“ gewählt (vgl. Bortz & Döring, 1995), die Faktoren *Tagesmüdigkeit* und *Krankheitsschwere* wurden als Between-Faktoren analysiert, wobei den Testfahrern der VG jeweils die Kategorie ihres Zwillings aus der ZG zugeordnet wurde. Nur so war es möglich zu prüfen, welche der hier untersuchten Subgruppen von Patienten sich von gesunden Testfahrern mit gleichem Alter, gleichem Geschlecht und gleicher Fahrerfahrung unterscheiden. Es galt also, den Unterschied zur jeweiligen Subgruppe der VG und nicht Unterschiede zwischen den verschiedenen Patientengruppen zu überprüfen. Dies ist ein wesentlicher Aspekt, da ein Vergleich der Patientengruppen untereinander oder ein Vergleich mit der gesamten Kontrollgruppe eine Konfundierung mit Drittvariablen zur Folge haben könnte. So zeigte sich bspw. in der dPV-Befragung 2000, dass Krankheitsschwere, Erkrankungsdauer und Alter sehr stark miteinander korreliert sind (Krüger et al., 2002).

Je nach Fragestellung wurden weitere within-manipulierte Faktoren betrachtet (z.B. Kompensationserschwerung FVP1a vs. FVP2), worauf aber - aus Gründen der Übersichtlichkeit - nur an entsprechender Stelle genauer eingegangen werden soll.

Insgesamt standen aus allen Untersuchungsteilen zahlreiche erhobene Daten als abhängige Variablen zur Verfügung, die anhand der konkreten Fragestellung und der dazu herangezogenen Auswertungsparameter im Rahmen der Ergebnisdarstellung beschrieben werden sollen.

### 8.2.4 Allgemeines Auswertungskonzept

Grundsätzlich sollten für alle Untersuchungsteile bzw. alle betrachteten Parameter die beiden folgenden Fragen geklärt werden:

- Unterscheiden sich ZG und VG?
- Wenn ja, ist dieser Unterschied abhängig von Krankheitsschwere und/ oder Tagesmüdigkeit?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden bevorzugt Varianzanalysen mit dem Within-Faktor *PD* und den Between-Faktoren *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit* durchgeführt, wobei - wie bereits erwähnt - den Testfahrern der VG jeweils die Kategorie ihres Zwillings aus der ZG zugeordnet wurde.

Zur Interpretation der Daten wurden nur die Inner-, nicht aber die Zwischensubjekteffekte herangezogen, da bei der VG ein Einfluss von Krankheitsschwere oder Tagesmüdigkeit natürlich nicht bestehen konnte und primär der Unterschied der verschiedenen Patienten-Gruppen zu ihren VG von Interesse war. Eine Prüfung der Effekte nur innerhalb der ZG erschien weniger sinnvoll, da so die Vorteile des Matchings verschenkt worden wären und möglicherweise eine Konfundierung mit den Variablen, nach denen die Zwillinge gebildet wurden (Alter, Geschlecht, Fahrerfahrung), vorgelegen hätte (s. oben). Bedeutsame Einflüsse von Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit lagen demnach nur im Falle signifikanter Wechselwirkungen mit dem Within-Faktor *PD* vor. Wie sich solche Effekte genau darstellten bzw. welche Gruppen sich konkret von welchen unterschieden, wurde post hoc durch einfaktorielles t-Tests für abhängige Stichproben untersucht, indem die jeweilige Subgruppe der ZG ihrer Zwillinggruppe in der VG gegenübergestellt wurde.

Die Auswirkung weiterer Within-Faktoren (z.B. Fahrt mit vs. ohne Zeitdruck) wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit zunächst über die gesamte Stichprobe geprüft. Die Frage einer unterschiedlichen Wirkung solcher Faktoren in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale wurde anschließend über eine Analyse von Differenzen getestet (z.B. Differenz Gesamtfehlerzahl in der Fahrt ohne - Gesamtfehlerzahl in der Fahrt mit Zeitdruck), wobei wiederum der Faktor *PD* als abhängiger, *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit* als unabhängige Faktoren untersucht wurden.

Handelte es sich bei den abhängigen Variablen um Prozentwerte, erfolgte zur Kontrolle stets auch eine varianzanalytische Auswertung der logit-transformierten<sup>24</sup> Prozentwerte.

Musste aufgrund des Skalenniveaus oder der Verteilung der betrachteten Parameter auf non-parametrische Verfahren (Wilcoxon-Test, Chi-Quadrat-Test) ausgewichen werden, wurden zunächst ZG und VG insgesamt miteinander und anschließend sukzessive jede Subgruppe der ZG nur mit ihrer Zwillinggruppe verglichen (erst geschichtet nach Schweregrad, dann geschichtet nach Tagesmüdigkeit und schließlich geschichtet nach Schweregrad *und* Tagesmüdigkeit). Ein Nachteil dieser nonparametrischen Auswertung besteht allerdings darin, dass Interaktionen nicht direkt geprüft werden können. So konnte lediglich die Aussage getroffen werden, ob ein gegebener Effekt nur oder in besonderem Maße in einer bestimmten Subgruppe der ZG zu beobachten war.

Effekte bedingt durch multiples Testen (Alpha-Inflation) wurden weitestgehend durch ein hierarchisches Vorgehen (geschlossene Testprozedur) kontrolliert. Aufgrund der umfassenden Menge an abhängigen Variablen und weil eine profilartige, explorative Auswertung ange-

---

<sup>24</sup>  $\ln(p/(1-p))$

strebt wurde, wurde eine Alpha-Adjustierung aber nur innerhalb der geschichteten nonparametrischen Analysen vorgenommen.

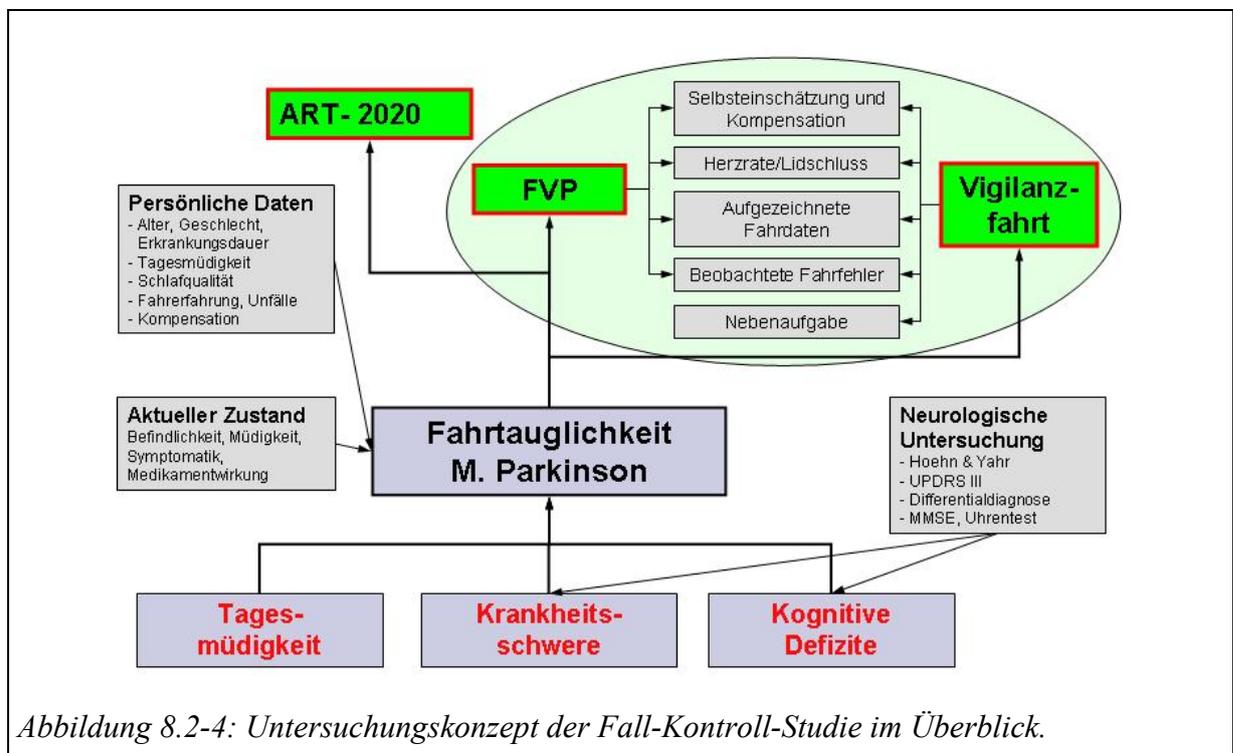
Neben der profilartigen Auswertung innerhalb der einzelnen Untersuchungsteile wurden abschließend die Leistungen in der Fahrverhaltensprobe und in der Testbatterie am ART-2020 miteinander verglichen (Berechnung von Sensitivität und Spezifität).

### 8.2.5 Zusammenfassung

Unter der Annahme, dass die Fahrtauglichkeit bei Parkinson-Patienten im Wesentlichen durch Beeinträchtigungen auf motorischer, kognitiver und aktivationaler Ebene bestimmt wird, wurden 24 Parkinson-Patienten und 24 gesunde Vergleichspersonen anhand verschiedener Fahraufgaben sowie üblicher psychometrischer Testverfahren der Fahreignungsdiagnostik beurteilt. Durch verschiedene provokative Methoden (Zeitdruck, Monotonie) sollte der Einsatz und die Effektivität kompensatorischer Bemühungen erfasst werden.

Im Rahmen der profilartigen Auswertung galt es, Unterschiede zwischen ZG und VG zu identifizieren und zu prüfen, ob und inwiefern diese Unterschiede von der Ausprägung der motorischen Symptome (Krankheitsschwere) und dem Vorliegen aktivationaler Beeinträchtigungen (Tagesmüdigkeit) abhingen. Kognitive Defizite sollten durch den Ausschluss dementer Patienten und die Resultate in der Testbatterie am ART-2020 kontrolliert werden.

Abbildung 8.2-4 zeigt das sehr umfassende Untersuchungskonzept bzw. alle in der vorliegenden Studie relevanten Variablen und Verfahren im Überblick, wobei das der Untersuchung vorausgehende Simulator-Training nicht berücksichtigt wurde.



Im Folgenden werden nach einer Charakterisierung der Stichprobe die einzelnen Untersuchungsteile (Fahrverhaltensprobe, Vigilanzfahrt, ART-2020, Fragebogen zum Fahrverhalten) noch detaillierter beschrieben und die zugehörigen Ergebnisse berichtet. Anschließend wer-

den die vergleichenden Daten zu Fahrverhaltensprobe und Leistungstests sowie die Erfahrungen mit drei zusätzlich untersuchten Patienten dargestellt. Nach einigen kritischen Anmerkungen zur Studie sollen die Befunde schließlich diskutiert und Implikationen für die Diagnostik der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten herausgearbeitet werden.

### 8.3 Charakterisierung der Stichprobe

Die 24 Patienten, welche letztlich in die Auswertung aufgenommen wurden, wurden

- zu 58% (n=14) über die Ambulanz der neurologischen Klinik der Universität Würzburg,
- zu 21% (n=5) über die Regionalgruppe Würzburg der dPV und
- zu 17% (n=4) aus den Teilnehmern der dPV-Befragung 2000 rekrutiert.
- Die letzte Patientin wurde aufgrund sehr spezifischer Kriterien (Hoehn & Yahr 1, mit Tagesmüdigkeit, weiblich) über das Kompetenznetz Parkinson von der Ambulanz der Universitätsklinik Bonn rekrutiert.

Tabelle 8.3-1 zeigt die wichtigsten demographischen und klinischen Charakteristika aller (Sub-)Gruppen im Überblick.

Zur Kontrolle des Matchings sowie zur Kontrolle möglicher konfundierender Variablen (wie Schulbildung, MMSE-Score, Vorliegen (weiterer) chronischer Erkrankungen und Einnahme von (Begleit-)Medikamenten) wurden verschiedene inferenzstatistische Analysen durchgeführt, die aber im Rahmen dieser Arbeit nicht im Detail dargestellt werden sollen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Matching auf allen Ebenen gelungen war. Das Matching hinsichtlich des Geschlechts konnte perfekt realisiert werden, ebenso bestanden im Hinblick auf Lebensalter und Fahrerfahrung keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Gleiches gilt für die Schulbildung.

Ferner unterschieden sich ZG und VG weder im MMSE, noch hinsichtlich des Vorliegens anderer chronischer Erkrankungen oder der Einnahme von (Begleit-)Medikamenten in statistisch bedeutsamer Weise. Der MMSE-Score variierte bei einem Mittelwert von 28.84 (SD=1.24) über die gesamte Stichprobe zwischen 26 und 30. Von drei Personen der VG wurde nur ein MMSE-Score von 26 erreicht, so dass zusätzlich der Uhrentest durchgeführt wurde. Alle drei Personen erzielten jedoch hier die volle Punktzahl (sieben Punkte) und wurden somit als unauffällig angesehen. Die aufgetretenen (Begleit-)Erkrankungen sowie detailliertere Informationen zu den eingenommenen (Begleit-)Präparaten (Anzahl, ATC-Code und Deskriptiva zum Sedierungspotential) finden sich in Anhang 1.2 (Tabelle 1 bis 3).

Auch im Hinblick auf die Einteilung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit über die gesamte Stichprobe konnten keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in den Matching-Variablen nachgewiesen werden. Potentielle Zwischensubjekteffekte (Haupteffekt *Krankheitsschwere*, Haupteffekt *Tagesmüdigkeit*, Interaktion *Krankheitsschwere* x *Tagesmüdigkeit*) können durch diese Variablen demnach nicht erklärt werden. Entsprechend dem allgemeinen Auswertungskonzept sollen sie daher in den folgenden Analysen nicht interpretiert und auch nicht dargestellt werden.

Insgesamt erschien nach der Kontrolle aller Matching-Variablen eine abhängige Analyse des Faktors *PD* gerechtfertigt (s. dazu die Abschnitte 8.2.3 und 8.2.4).

Tabelle 8.3-1: Zusammenfassung demographischer und (für die ZG) klinischer Charakteristika der Stichprobe.

|                                                                                           | VG                | ZG               | H&Y1<br>o. TM    | H&Y1<br>m. TM    | H&Y2<br>o. TM    | H&Y2<br>m. TM    | H&Y3<br>o. TM    | H&Y3<br>m. TM    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Alter (M, SD)</b>                                                                      | 57.2<br>(10.9)    | 57.5<br>(10.9)   | 55.4<br>(8.5)    | 56.1<br>(5.1)    | 60.0<br>(17.3)   | 52.9<br>(9.7)    | 62.9<br>(8.8)    | 56.9<br>(11.9)   |
| <b>Anteil Frauen (%)</b>                                                                  | 33.3              | 33.3             | 25.0             | 25.0             | 50.0             | 25.0             | 25.0             | 50.0             |
| <b>Anteil mit höherem Schulabschluss<br/>(mittlere Reife/ Abitur) (%)</b>                 | 50.0              | 54.2             | 25.0             | 50.0             | 100.0            | 75.0             | 25.0             | 50.0             |
| <b>MMSE (M, SD)</b>                                                                       | 28.7<br>(1.5)     | 29.0<br>(1.0)    | 28.4<br>(1.3)    | 28.9<br>(1.2)    | 28.6<br>(1.7)    | 29.1<br>(1.1)    | 28.9<br>(1.2)    | 29.1<br>(1.0)    |
| <b>Fahrerfahrung Leben (mittl. Rang)<sup>a</sup></b>                                      | 25.7              | 23.3             | 27.9             | 29.4             | 27.9             | 16.0             | 26.0             | 19.8             |
| <b>km letzte 12 Monate (mittl. Rang)<sup>a</sup></b>                                      | 27.75             | 21.75            | 30.7             | 24.5             | 24.5             | 26.6             | 18.3             | 22.4             |
| <b>Jahre Fahrpraxis (M, SD)</b>                                                           | 35.7<br>(9.7)     | 36.3<br>(9.1)    | 32.5<br>(6.5)    | 36.3<br>(3.3)    | 36.8<br>(15.0)   | 33.4<br>(8.5)    | 42.0<br>(8.1)    | 35.1<br>(10.4)   |
| <b>Unfallbeteiligung letzte 5 Jahre (%)</b>                                               | 16.7              | 12.5             | 25.0             | 0.0              | 0.0              | 25.0             | 25.0             | 0.0              |
| <b>Unfallverursachung letzte 5 Jahre (%)</b>                                              | 8.3               | 4.7              | 0.0              | 0.0              | 0.0              | 25.0             | 0.0              | 0.0              |
| <b>ESS (M, SD)</b>                                                                        | 7.00<br>(3.93)    | 12.17<br>(3.21)  | 4.75<br>(1.71)   | 10.50<br>(2.38)  | 4.00<br>(1.41)   | 11.25<br>(3.77)  | 4.50<br>(2.65)   | 14.75<br>(2.06)  |
| <b>Aktuelles Erleben v. SOS am Tage (%)</b>                                               | 8.3 <sup>25</sup> | 37.5             | 0.0              | 50.0             | 0.0              | 100.0            | 0.0              | 75.0             |
| <b>UPDRS III (M, SD)</b>                                                                  |                   | 18.5<br>(11.5)   | 9.0<br>(2.8)     | 8.5<br>(3.5)     | 20.0<br>(3.4)    | 16.5<br>(7.9)    | 24.8<br>(7.3)    | 32.5<br>(17.1)   |
| <b>Erkrankungsdauer in Jahren (M, SD)</b>                                                 |                   | 6.67<br>(4.60)   | 2.75<br>(1.50)   | 4.25<br>(2.75)   | 5.75<br>(4.19)   | 9.50<br>(4.12)   | 10.75<br>(7.04)  | 7.00<br>(2.45)   |
| <b>Monotherapie Ergot-DA (n)</b>                                                          |                   | 3                | 2                | 0                | 1                | 0                | 0                | 0                |
| <b>Monotherapie Nonergot-DA (n)</b>                                                       |                   | 2                | 0                | 2                | 0                | 0                | 0                | 0                |
| <b>Kombinationstherapie</b>                                                               |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| <b>LD + Ergot-DA (n)</b>                                                                  |                   | 10               | 1                | 1                | 2                | 2                | 2                | 2                |
| <b>Kombination LD + Nonergot-DA (n)</b>                                                   |                   | 7                | 0                | 1                | 1                | 2                | 2                | 1                |
| <b>Kombination</b>                                                                        |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| <b>LD + Ergot- + Nonergot-DA (n)</b>                                                      |                   | 2                | 1                | 0                | 0                | 0                | 0                | 1                |
| <b>Andere Parkinsonmedikamente<sup>b</sup> (n)</b>                                        |                   | 16               | 2                | 3                | 3                | 4                | 1                | 3                |
| <b>ÄQP in mg (M, SD)</b>                                                                  |                   | 695.3<br>(388.8) | 633.8<br>(243.4) | 515.9<br>(336.9) | 499.0<br>(238.7) | 991.3<br>(660.4) | 769.5<br>(369.0) | 762.1<br>(356.9) |
| <b>(Begleit-)Erkrankung (%)</b>                                                           | 20.8              | 29.2             | 50.0             | 25.0             | 25.0             | 0.0              | 25.0             | 50.0             |
| <b>(Begleit-)Medikation (%)</b>                                                           | 54.2              | 66.67            | 75.0             | 25.0             | 75.0             | 50.0             | 75.0             | 100.0            |
| <b>Summiertes Sedierungspotential aller<br/>Begleitmedikamente &gt; 1<sup>c</sup> (%)</b> | 25                | 41.7             | 50.0             | 25.0             | 50.0             | 25.0             | 25.0             | 75.0             |

Anmerkungen. SOS=Sudden Onset of Sleep, LD=L-Dopa, DA=Dopamin-Agonist(en), ÄQP=Äquipotenzdosierung der dopaminergen Medikation (s. dazu Tabelle 6 in Anhang 1.2).

<sup>a</sup> Hierbei handelte es sich um ordinale Kategorien (Fahrerfahrung Leben: < 100 000km, 100 - 300 000km, 300 - 500 000km, > 500 000km; gefahrene Kilometer in den letzten 12 Monaten: < 9 000, 9 - 15 000, > 15 000). <sup>b</sup> Anticholinergika, NMDA-Antagonisten, MAO-Hemmer, Budipin. <sup>c</sup> Die (Begleit-)Medikamente wurden nach einem vierstufigen Schlüssel auf ihr Sedierungspotential hin klassifiziert (0=keine, 1=selten möglich, 2=häufig, 3=üblich/erwünscht).

Als Kriterien für die Einteilung mit vs. ohne Tagesmüdigkeit wurden der ESS-Score, die subjektiven Angaben zu plötzlichen Einschlafereignissen und Tagesmüdigkeit sowie der Bericht von starker Müdigkeit (am Steuer) herangezogen (s. Abschnitt 8.2.1). Die Auftretenshäufigkeit der verschiedenen Kriterien-Kombinationen für die Entscheidung „mit Tagesmüdigkeit“ ist in Anhang 1.2 (Tabelle 4) dargestellt. Insgesamt war das zentrale Kriterium der ESS-

<sup>25</sup> Zwei gesunde Testfahrer berichteten über plötzliches Einschlafen in ruhigen Situationen („bei Langeweile“, „im Liegen“; s. dazu auch Tabelle 4 in Anhang 1.2).

Score, der bei 75% der tagesmüden Patienten über 10 lag. Drei der Patienten aus der Gruppe mit Tagesmüdigkeit waren seit ihrer Erkrankung auch schon am Steuer eingeschlafen (jeweils Hoehn & Yahr-Stadium 2), zwei davon sogar mehrfach.

Entsprechend den Ausschlusskriterien von Tagesmüdigkeit (s. ebenfalls Abschnitt 8.2.1) variierte der ESS-Score in der Gruppe der Patienten ohne Tagesmüdigkeit zwischen 1 und 7 (M=4.24, SD=1.83). Weiterhin berichteten 16.7% nie, 58.3% selten und 25% manchmal tagsüber müde zu sein. 16.7% hatten plötzliche Einschlafereignisse in der Vergangenheit erlebt (einer dieser beiden Patienten war damals auch am Steuer eingeschlafen), litten aber aktuell nicht mehr darunter.

Die Lebenszeitprävalenz von Einschlafereignissen am Steuer lag bei der ZG insgesamt bei 33.3%, bei der VG bei 37.5%.<sup>26</sup> Jeweils die Hälfte der drei Subgruppen von Patienten mit Tagesmüdigkeit gaben an, am Steuer mit Müdigkeit kämpfen zu müssen (s. Fragebogen zum Fahrverhalten in Anhang 1.1.6), während dies kein Patient der Gruppe ohne Tagesmüdigkeit und kein gesunder Testfahrer berichtete.

Die erfolgreiche Einteilung nach dem Vorliegen von Tagesmüdigkeit wurde durch eine Varianzanalyse (nach dem allgemeinen Auswertungskonzept) mit dem Within-Faktor *PD* und den Between-Faktoren *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit* über den ESS-Score bestätigt. So ergab diese lediglich für die Interaktion *PD* x *Tagesmüdigkeit* eine Signifikanz ( $F(1)=17.12$ ,  $p=.001$ ). Entsprechend nachgeschobener t-Tests für abhängige Stichproben war der ESS-Score der ZG mit Tagesmüdigkeit hochsignifikant höher als der ihrer VG ( $t=3.45$ ,  $p=.005$ ; ZG: M=12.2, SD=3.2 vs. VG: M=6.8, SD=3.6), während der ESS-Score in der ZG ohne Tagesmüdigkeit signifikant geringer war als in ihrer VG ( $t=-2.34$ ,  $p=.039$ ; ZG: M=4.4, SD=1.8 vs. M=7.2, VG: SD=4.4) (disordinale Interaktion).

Abschließend soll auf den UPDRS III - Score, die Erkrankungsdauer, die Hauptsymptome (Selbstbericht) und die Parkinson-Medikation eingegangen werden. Auch hier wurden verschiedene inferenzstatistische Analysen durchgeführt, die hier aber ebenfalls nicht im Detail beschrieben werden sollen. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der UPDRS III - Score (erwartungsgemäß) mit dem Hoehn & Yahr-Stadium signifikant anstieg, aber unabhängig von der Tagesmüdigkeit war. Die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 1 waren kürzer erkrankt und wurden häufiger monotherapeutisch mit Dopamin-Agonisten (bei Tagesmüdigkeit etwas häufiger mit nonergolinen) therapiert als die Patienten der Stadien 2 und 3.<sup>27</sup> In der Dosis der dopaminergen Medikation fanden sich zwischen den Subgruppen keine statistisch bedeutsamen Unterschiede. Als Hauptsymptom gaben die meisten Patienten Tremor an (33.3%; Tabelle 5 in Anhang 1.2 zeigt die berichteten Hauptsymptome in Abhängigkeit der Hoehn & Yahr-Stadien und der Tagesmüdigkeit).

---

<sup>26</sup> Zur Kontrolle wurde der Fragebogen zur Rekrutierung (s. Anhang 1.1.1) in einer entsprechend abgewandelten Version auch von den gesunden Testfahrern bearbeitet (s. dazu auch Tabelle 4 in Anhang 1.2).

<sup>27</sup> Auffällig war hier, dass im Stadium 1 kein Patient ohne Tagesmüdigkeit, aber 75% der Patienten mit Tagesmüdigkeit nonergoline Dopamin-Agonisten einnahmen. Dies stützt den Befund von Körner et al. (2004), dass bei jungen Patienten zu Beginn der Erkrankung das Auftreten plötzlicher Einschlafereignisse mit der Einnahme von Nonergot-Agonisten assoziiert ist.

## 8.4 Fahrverhaltensprobe im Fahrsimulator

Während die Vigilanzfahrt primär auf die aktivationale Komponente der Fahrtauglichkeit abzielte, war die Fahrverhaltensprobe auf die Prüfung allgemeiner Fahrfertigkeiten, Fahrstile und psychomotorischer Aspekte der Fahrtauglichkeit ausgerichtet.

So sollte zunächst der Befund aus der Literatur bestätigt werden, dass Parkinson-Patienten in ihrem Fahrverhalten tatsächlich beeinträchtigt sind. Zudem sollte - gegebenenfalls - geklärt werden, worin genau die Leistungsdefizite der Patienten bestehen bzw. welche Art von Fahrfehlern bei ihnen gehäuft auftreten. Darüber hinaus galt es zu überprüfen, inwiefern diese Defizite vom Hoehn & Yahr-Stadium und/ oder dem Vorliegen von Tagesmüdigkeit abhängen. Insbesondere sollten mögliche Erklärungen für die inkonsistenten Befunde in der Literatur zum Zusammenhang zwischen Fahrleistung und Krankheitsschwere gefunden werden.

Durch den Vergleich einer Fahrt mit und einer Fahrt ohne Zeitdruck sollte untersucht werden, ob die ZG kompensatorische Bemühungen auf taktischer Ebene (langsames Fahren) zeigt, ob sich dies - gegebenenfalls - positiv auf ihre Fahrleistung auswirkt und inwiefern sie sich hierbei von der VG unterscheidet.

Schließlich sollte der aus der Literatur bekannte und konsistent berichtete Befund einer inadäquaten Selbsteinschätzung der Fahrleistung von Parkinson-Patienten repliziert werden.

All diese Fragen sollten anhand eines längeren Parcours im Fahrsimulator, der mit und ohne Zeitdruck zu durchfahren war, beantwortet werden. Dazu wurden vier zentrale Datenquellen herangezogen:

- (1) die durch zwei geschulte Beobachter registrierten Fahrfehler (Art und Anzahl), deren abschließende Beurteilung der Fahrleistung der Testfahrer sowie die von ihnen dokumentierte Dauer der Fahrt (Beobachtungsdaten),
- (2) die über die Simulation aufgezeichneten Daten zum Fahrverhalten und
- (3) zur Herzrate (als Ausdruck der objektiven Beanspruchung) sowie
- (4) die per Fragebogen und halbstandardisiertem Interview erhobene Selbsteinschätzung der Testfahrer (subjektive Daten).

### 8.4.1 Gestaltung des Parcours

Primäres Kriterium bei der Gestaltung des Parcours war, dass alle Fahrverhaltensvariablen erfassbar sein sollten, die zur Validierung des ART-2020 herangezogen wurden. Dazu zählen

- Geschwindigkeitsverhalten (Anpassung, Fahren über dem Limit)
- Abstand zum Vordermann
- Verlangsamung an Kreuzung und Abbiegung
- Blinkverhalten
- Kurvenfahren
- Sichern querenden Verkehrs
- Ampelverhalten

- Spurwechsel
- Einordnen zur Weiterfahrt
- Verhalten als Benachrangter
- Spurhaltung
- Seitenabstand

(vgl. Bukasa & Piringer, 2001).

Lediglich auf Szenarien zur Erfassung der Variable „Verhalten gegenüber Fußgängern“ musste verzichtet werden, weil Fußgänger zum damaligen Zeitpunkt im Würzburger Fahrsimulator noch nicht simulierbar waren. Da die Fahrverhaltensbeobachtung in Anlehnung an Brenner-Hartmann (2002) durchgeführt wurde (s. Abschnitt 8.4.2), war ein weiteres Kriterium bei der Gestaltung des Parcours, dass alle von ihm genannten Fehlerarten (wiederum mit Ausnahme von Fehlern gegenüber Fußgängern) mindestens zweimal auftreten konnten. Schließlich sollte der Parcours Anforderungen an alle drei Ebenen der Fahraufgabe nach Michon (1985) bzw. Bernotat (1970) stellen.<sup>28</sup>

So wurde eine repräsentative Auswahl an verschiedensten Fahraufgaben gestaltet und zu einem Parcours zusammengefasst, der diese Kriterien erfüllt. Dabei wurde nur die erste Hälfte der Strecke sowohl ohne (FVP1a) als auch mit Zeitdruck (FVP2) durchfahren. Die Szenarien der zweiten Hälfte der Strecke (FVP1b) traten nur in der Fahrt ohne Zeitdruck auf. In der FVP1b waren neben einem Stau v.a. Verkehrsknotenpunkte enthalten, während in die FVP1a bzw. 2 vornehmlich solche Streckenabschnitte aufgenommen wurden, bei denen die Stabilisierung des Fahrzeugs (Geschwindigkeitsverhalten, Spurhaltung) i.S. einer Trackingaufgabe im Vordergrund stand. Dies ist zum einen dadurch zu begründen, dass bei solchen Fahraufgaben sehr gut über die Geschwindigkeit kompensiert werden kann, während eine solche Kompensation bei den in der FVP1b realisierten Szenarien eher schwierig ist, da das Tempo stärker von der Umgebung (Ampelschaltung, andere Fahrzeuge) bestimmt wird. Ein weiterer Grund für die unterschiedliche Gestaltung von FVP1a und FVP1b war, dass das Durchfahren von Knotenpunkten unter Zeitdruck mit heftigen Brems- und Beschleunigungsmanövern verbunden gewesen wäre, was erfahrungsgemäß das Risiko für Simulator-Sickness erhöht.

Somit wurde das Verhalten an Knotenpunkten primär durch die Bedingung ohne Zeitdruck erfasst, während der Einfluss kompensatorischer Bemühungen auf taktischer Ebene v.a. anhand von Stabilisierungsaufgaben geprüft wurde.

Zu Letzteren zählten verschiedene Szenarien unterschiedlicher Schwierigkeit auf einer zweispurigen Landstraße. Im Detail waren dies

- ein relativ einfacher, 2.7km langer Streckenabschnitt mit Geraden und je zwei 450m langen, sanften Links- und Rechtskurven (Krümmung 1/800m) ohne vorausfahrenden Verkehr („Freie Fahrt“),
- ein einfaches Folgefahren bei 75.6km/h und Überholverbot auf einem 2.7km langen Streckenabschnitt mit Geraden und sanften Kurven (Krümmung 1/800m) („Car Follow“),
- eine scharfe Linkskurve (Krümmung 1/150m) auf einem 1.1km langen Streckenabschnitt, unterteilt in Einfahrtsgerade (450m), Kurve selbst (300m) und Ausfahrtsgerade (350m) („Scharfe Kurve“),

<sup>28</sup> Bernotat (1970) unterscheidet Aspekte der Stabilisierung, der Bahnführung und der Navigation. Diese Einteilung ist in etwa äquivalent mit der in Abschnitt 4.3 beschriebenen Unterteilung der Fahraufgabe in die Ebenen operational, taktisch und strategisch nach Michon (1985).

- je drei scharfe Links- und Rechtskurven im Wechsel (Krümmung 1/150m) auf einem Streckenabschnitt von 1.05km inkl. Ein- (200m) und Ausfahrtsgerade (250m) („Slalom“)<sup>29</sup>,
- ein 1km langer Streckenabschnitt bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 80km/h mit starkem Linksdrall des Gegenverkehrs (Berühren der Mittellinie mit den Reifen) („Gegenverkehr versetzt“),
- eine 300m lange Fahrbahnverengung aufgrund einer Baustelle („Engstelle“).

Die Spurbreite betrug in der Engstelle 2.45m, in allen übrigen Abschnitten der Landstraße 3.50m.

Aspekte der Bahnführung bzw. eher kontrollierte Prozesse, wie das Verständnis von Situationen oder das Treffen von Entscheidungen (Einhalten von Vorfahrtsregeln, Blinken, Einschätzen von Zeit und Entfernungen etc.) wurden durch

- die Inanspruchnahme von Gelegenheiten zum Überholen vergleichsweise langsam fahrender Fahrzeuge in zwei 2.7km langen Streckenabschnitten mit sanften Kurven („Überholen erlaubt“),
- das Passieren von Hindernissen am Fahrbahnrand bei Gegenverkehr („Hindernis“) und
- verschiedene mehr oder weniger komplexe Knotenpunkte

erfasst.

Eine Navigationsaufgabe wurde dadurch realisiert, dass ein Navigationssystem (LCD-Display auf der Mittelkonsole) beachtet werden sollte, das an Knotenpunkten die zu wählende Richtung durch Pfeile anzeigte.

Bei diesen Knotenpunkten handelte es sich um mehrere einfache T- und X-Kreuzungen, an denen die Vorfahrt teilweise über Schilder, teilweise über Ampeln geregelt wurde, sowie drei komplexere Knotenpunkte.

Der erste der komplexeren Knotenpunkte war eine „rechts-vor-links“-geregelt Kreuzung innerhalb einer kleineren Ortschaft, an der die Testfahrer bei Quer- und Gegenverkehr links abbiegen sollten („Rechts-vor-Links-Kreuzung“).

Der zweite komplexere Knotenpunkt bestand aus einer zunächst einspurigen Einbahnstraße, die sich nach 420m in zwei Spuren aufteilte. Hier mussten sich die Testfahrer links einordnen, um an der nach 250m folgenden X-Kreuzung - wie vom Navigationssystem angezeigt - links abbiegen zu dürfen („Einbahnstraße“).

Beim dritten komplexeren Knotenpunkt („Kreuzungskomplex“) mussten sich die Testfahrer auf einer dreispurigen Fahrbahn (zwei Spuren in Fahrtrichtung, eine in Gegenrichtung) auf die mittlere Spur einordnen, um - wie vom Navigationssystem angezeigt - bei der nächsten sich bietenden Möglichkeit links abbiegen zu können. Die besondere Schwierigkeit bestand darin, zu erkennen, dass es sich bei der nächsten Querstraße um eine Einbahnstraße handelte, in die nicht nach links eingebogen werden durfte. Zusätzlich mussten Gegen- und Querverkehr sowie nachfolgende Fahrzeuge beachtet werden.

---

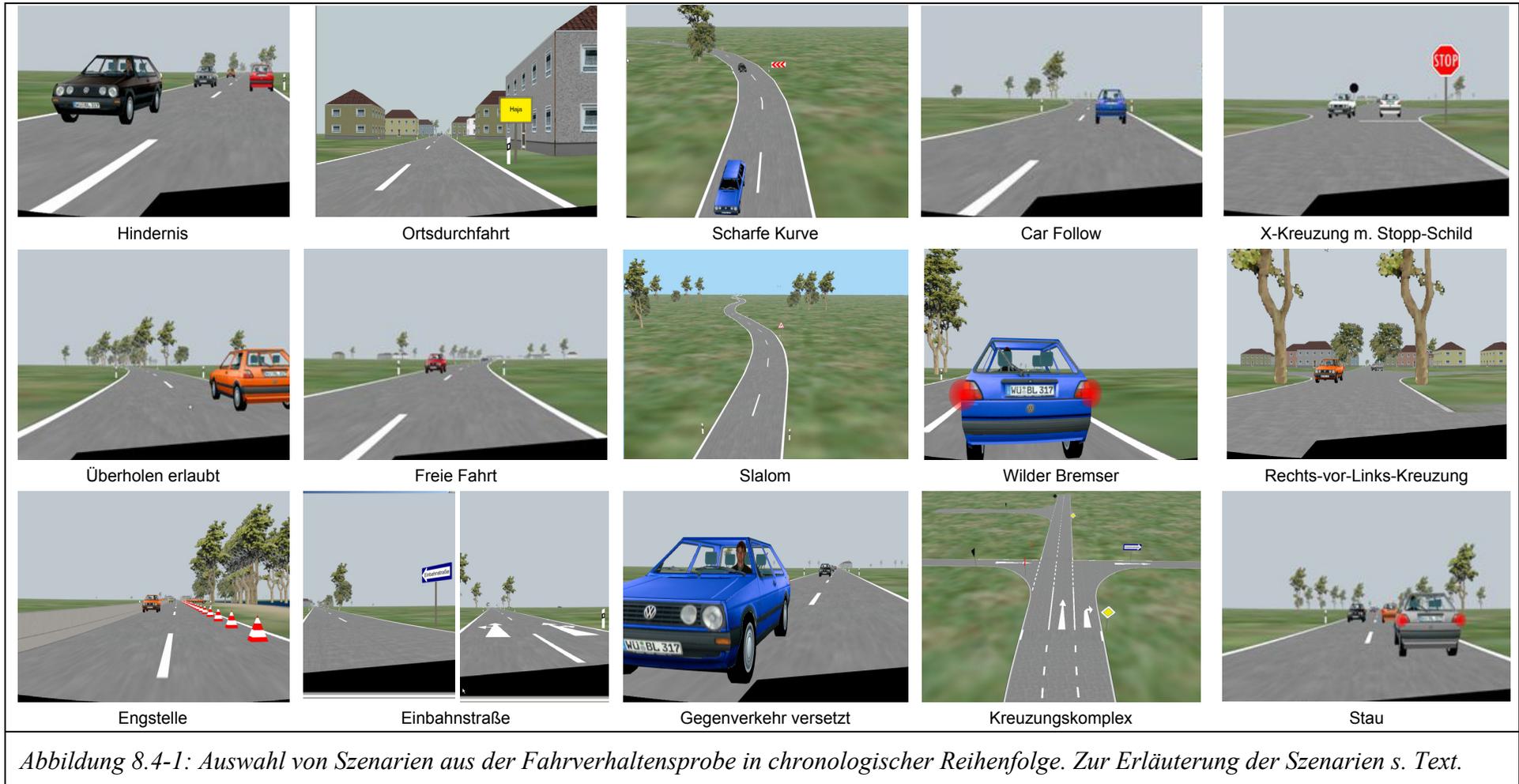
<sup>29</sup> Die Scharfe Kurve und der Slalom waren je zweimal in FVP1a enthalten. Dabei gab es stets ein vorausfahrendes Fahrzeug, wobei sich dieses je einmal durch ein angemessenes und einmal durch ein unangemessenes Geschwindigkeitsverhalten auszeichnete. Da - und dieser Befund sei vorweggenommen - der Vordermann durch die Testfahrer (insbesondere der ZG) so gut wie nie erreicht wurde (aufgrund zu geringer Geschwindigkeiten oder zu großer Sicherheitsabstände), soll dies im Folgenden nicht weiter berücksichtigt werden. Gleiches gilt für das Szenario Car Follow, das ebenfalls zweimal enthalten war (Vordermann mit guter vs. schlechter Spurhaltung, als sog. „Spurschwanker“) sowie eine X-Kreuzung, an welcher der Vordermann ein Stopp-Schild missachtete.

Zwei weitere Szenarien zielten primär auf die Reaktionsfähigkeit der Testfahrer ab. So war in der FVP1a ein 2.7km langer Streckenabschnitt auf einer zweispurigen Landstraße enthalten, auf dem das Führungsfahrzeug, das nicht überholt werden durfte, plötzlich scharf abbremste, um eine Kollision zu provozieren („Wilder Bremser“). Um zu gewährleisten, dass diese Provokation einer Kollision bei möglichst allen Testfahrern auftrat, wurde die Geschwindigkeit des „Wilden Bremers“ mit dem Ego-Fahrzeug synchronisiert, d.h. man konnte ihm nur schwer entgehen. Zudem wurde in der FVP1b ein 3km langer Stau realisiert, was vom Testfahrer mehrere, wenn auch nicht ganz so heftige Bremsreaktionen erforderte.

Schließlich gab das bereits oben genannte Szenario „Hindernis“ einen Eindruck über die Längsregelung bei einem antizipierbaren Bremsmanöver. Auf einem Landstraßenabschnitt von insgesamt 1500m kündigte ein Warndreieck ein Pannenfahrzeug an, das 200m später am Fahrbahnrand stand. Dieser 1.66m breite Pkw konnte bei einer Spurbreite von 3.50 und einer Breite des Ego-Fahrzeugs von 1.90m nur umfahren werden, indem - bei Berücksichtigung des Gegenverkehrs - die Mittellinie überfahren bzw. die linke Fahrbahn genutzt wurde. Dieses Szenario war im Parcours zweimal enthalten.

Bei zwei der X-Kreuzungen sowie bei der Rechts-vor-Links-Kreuzung bestand die Möglichkeit, beim Passieren im Hinblick auf den Quer- bzw. Gegenverkehr Zeitlücken zu nutzen. Abgesehen von der Rechts-vor-Links-Kreuzung ging es beim Durchfahren (weiterer) kleinerer Ortschaften vorwiegend darum, zu überprüfen, ob die Testfahrer ein angemessenes Geschwindigkeitsverhalten zeigten bzw. innerhalb des Ortes die Maximalgeschwindigkeit von 50km/h einhielten. Um sicherzustellen, dass die Testfahrer den Rückspiegel nutzten, wurden sie zweimal von einem nachfolgenden Fahrzeug überholt („Hinterherfahrender überholt“).

Die meisten der genannten Szenarien sind in Abbildung 8.4-1 durch Screenshots veranschaulicht. Insgesamt war der Parcours (ohne Umwege aufgrund von Navigationsfehlern) 45km lang und - unter Einhaltung der StVO - in etwa 45 Minuten zu durchfahren. Dies entspricht auch der in der Literatur geforderten Mindestdauer einer Fahrverhaltensprobe (s. dazu 2.3.3). Der Streckenabschnitt, der unter Zeitdruck wiederholt werden sollte (FVP1a bzw. 2), war mit 26km etwa halb so lang wie der gesamte Parcours und in 20-25 Minuten zu durchfahren.



### 8.4.2 Durchführung der Fahrverhaltensbeobachtung in Anlehnung an Brenner-Hartmann (2002)

Die Fahrfehler der Testfahrer wurden während der Fahrt durch zwei geschulte Beobachter registriert. Dabei war einer der beiden vorwiegend dafür verantwortlich, das Verhalten der Testfahrer zu beobachten und zu kommentieren, während der andere die Situationen ankündigte und einen speziell auf die Strecke abgestimmten Protokollbogen bearbeitete.<sup>30</sup> So wurde pro Szenario dokumentiert, ob es fehlerfrei bewältigt wurde bzw. welche Fehlerarten auftraten. Gegebenenfalls wurde das Fahrverhalten auch in freier Wortwahl beschrieben. Über insgesamt sechs Monitore konnten die Testleiter den Testfahrer, den aktuellen Streckenabschnitt aus verschiedenen Perspektiven (Frontsicht, Rückspiegel, Außenspiegel) sowie online gemessene Fahrparameter (Geschwindigkeit, Abstand zum Vordermann, Blinkverhalten, Spurhaltung etc.) sehen und bewerten.

Die Fehlerzählung erfolgte in Anlehnung an die Fahrverhaltensbeobachtung nach Brenner-Hartmann (2002), der die vorhandene Literatur (Fastenmeier, 1995; Kroj & Pfeiffer, 1973; Maag, 1995; Risser & Brandstädter, 1985; Steinbrecher, 1988; alle zitiert nach Brenner Hartmann, 2002) gesichtet und die dort verwendeten Beobachtungsvariablen neu gruppiert hat. So wurden die Fahrfehler in sechs Kategorien mit bis zu vier Subkategorien unterteilt:

- (1) Geschwindigkeitsverhalten:
  - schneller als zulässige Höchstgeschwindigkeit Gs1
  - unangepasste Beschleunigung oder Verlangsamung Gs2
  - unangepasstes Langsamfahren Gs3
- (2) Abstandsverhalten:
  - zu geringer Längsabstand innerorts Ab1
  - zu geringer Längsabstand außerorts Ab2
  - zu geringer Querabstand Ab3
- (3) Fahrbahnbenutzung:
  - fehlende Spurgenaugigkeit/ Abkommen von der Fahrbahn Fb1
  - Spurwechselfehler Fb2
  - unangepasste Spurwahl Fb3
  - Befahren unzulässiger Fahrbahnen Fb4
- (4) Sicherndes Verhalten:
  - fehlendes, nicht ausreichendes, verzögertes Sichern Si1
  - Verkehrsverstöße gegenüber Vorrangregeln Si2
  - übervorsichtiges Sichern Si3
- (5) Gefährdendes Verhalten (gegenüber anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern) Gf2
- (6) Kommunikationsverhalten (fehlendes, verzögertes, verfrühtes Blinken) Ko1.

In Ergänzung zu Brenner-Hartmann (2002) wurden die Kategorien „Kollisionen“ (Koll) und „Navigationsfehler“ (Nav) eingeführt. Dagegen wurden die von ihm genannten Kategorien Ko2 (keine/ unklare Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern) und Ko3 (Umgang mit der Zeichengebung anderer Verkehrsteilnehmer) sowie Gf1 (gefährdendes Verhalten gegenüber Fußgängern) nicht berücksichtigt, da Fußgänger und Radfahrer sowie eine Zeichengebung durch andere Autofahrer (außer Blinken) im Würzburger Fahrsimulator zum damali-

---

<sup>30</sup> Die Berechnung einer Interrater-Reliabilität ist somit nicht angezeigt.

gen Zeitpunkt nicht simulierbar waren. Die Kategorie Si3 (überevorsichtiges Sichern) wurde zwar verwendet, aus technischen Gründen (eingeschränkte Sichtbedingungen in der Simulation) jedoch nur in extremen Fällen vergeben. Ebenfalls in Ergänzung zu Brenner-Hartmann wurde von den Beobachtern registriert, wie oft die Testfahrer Möglichkeiten zum Überholen oder beim Passieren von Kreuzungen Zeitlücken nutzten.

Tabelle 8.4-1 zeigt beispielhaft, in welchen der unter 8.4.1 beschriebenen Szenarien welche Fehlerarten auftreten konnten. Evident wird, dass das bei der Gestaltung des Parcours geforderte Kriterium erfüllt wurde: mit Ausnahme der Kategorien Gf1, Ko2 und Ko3 konnten alle Fehlerarten mindestens zweimal auftreten.

Zu beachten ist, dass Brenner-Hartmann (2002) die Fehler zu einer Gesamtfehlerzahl aufsummiert, ohne die verschiedenen Fehlerarten zu gewichten. D.h. Fehler mit geringerer sicherheitskritischer Relevanz (z.B. Ko1, nicht Blinken) gehen mit gleichem Gewicht ein wie Fehler mit hoher sicherheitskritischer Relevanz (z.B. Gf2, Gefährdung anderer motorisierter Verkehrsteilnehmer). Er unterscheidet aber zwischen „Unsicherheiten“ und „Fehlern“. Informell schlug er vor, dass die Fahrverhaltensprobe bei mehr als fünf Fehlern oder zehn Unsicherheiten als nicht bestanden gilt. Die Unterscheidung nach Fehlern und Unsicherheiten wurde in der vorliegenden Untersuchung übernommen. Allerdings wurden beide letztendlich addiert, wobei eine Unsicherheit als 0.5 Fehler gewertet wurde. Auf eine getrennte Auswertung zu Unsicherheiten und Fehlern wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Eine Auflistung an Beispielen für Unsicherheiten und Fehler findet sich in Tabelle 8.4-2. Die Einschätzung, ob es sich jeweils um einen Fehler oder um eine Unsicherheit handelte, oblag größtenteils der subjektiven Einschätzung der Beobachter. Nur für einige Fehlerarten wurden konkrete Kriterien formuliert (z.B. Ab1/ Ab2, zu geringer Längsabstand).

*Tabelle 8.4-1: Im Parcours enthaltene Szenarien (in chronologischer Reihenfolge) und mögliche Fehlerarten in Anlehnung an die Kategorisierung nach Brenner-Hartmann (2002).<sup>31</sup>*

| <b>Fahraufgabe</b>        | <b>Fehlerkategorie</b>                 |
|---------------------------|----------------------------------------|
| Überholt werden           | Gs2                                    |
| Hindernis                 | Ab3, Ko1, Gf2, Koll                    |
| Ortsdurchfahrt            | Gs1, Ab1                               |
| Scharfe Kurve             | Gs3, Fb1                               |
| Car Follow                | Gs1, Ab2, Fb1, Fb4                     |
| X-Kreuzung                | Si1, Si2, Si3, Gf2                     |
| Überholen erlaubt         | Ab3, Gf2, Ko1                          |
| Freie Fahrt               | Gs1, Fb1                               |
| Slalom                    | Gs3, Fb1                               |
| Wilder Bremser            | Ab2, Gs1, Gs2, Fb4, Gf2, Koll          |
| Rechts-vor-Links-Kreuzung | Gs2, Si1, Si2, Gf2, Nav                |
| Engstelle                 | Fb1, Gs2, Gs1                          |
| Ampelkreuzung             | Si2                                    |
| Einbahnstraße             | Fb2, Fb3, Si1, Si2, Si3, Gf2, Nav      |
| Gegenverkehr versetzt     | Gs1, Fb1                               |
| Kreuzungskomplex          | Fb2, Fb3, Fb4, Si1, Si2, Si3, Gf2, Nav |
| Stau                      | Gs2, Ab2, Koll                         |

Anmerkung. Zur Erläuterung der Szenarien und Fehlerkategorien s. Text.

<sup>31</sup> Hier handelt es sich jeweils nur um eine beispielhafte Auswahl von für die Situation typischen Fehlern, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Tabelle 8.4-2: Beispiele für Fehler und Unsicherheiten in der Fahrverhaltensprobe.

| <b>Verhalten</b>                                                                                      | <b>Kategorie</b> | <b>Fehler/ Unsicherheit</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------|
| schneller als 100km/h auf der Landstraße fahren (10% Toleranz)                                        | Gs1              | Fehler                      |
| Rechts-vor-Links-Kreuzung: vor dem Links-Abbiegen stark beschleunigen                                 | Gs2              | Fehler                      |
| in Scharfer Kurve fast bis zum Stand abbremsen                                                        | Gs2              | Unsicherheit                |
| stark verlangsamt fahren (< 60km/h auf der Landstraße oder < 40km/h in der Scharfen Kurve/ im Slalom) | Gs3              | Unsicherheit                |
| an Hindernis mit zu geringem Seitenabstand vorbei fahren                                              | Ab3              | Fehler/ Unsicherheit        |
| Abstand zum Vordermann < 0.6sek                                                                       | Ab1/ Ab2         | Fehler                      |
| 0.6sek < Abstand zum Vordermann < 0.9sek                                                              | Ab1/ Ab2         | Unsicherheit                |
| Fahrbahnränder übertreten/ Kurve schneiden <sup>32, 33</sup>                                          | Fb1              | Fehler                      |
| Fahrbahnränder beim Abbiegen übertreten <sup>34</sup>                                                 | Fb1              | Unsicherheit                |
| zögerlich Einordnen                                                                                   | Fb2              | Fehler/ Unsicherheit        |
| falsch Einordnen                                                                                      | Fb3              | Fehler                      |
| Überholverbot missachten                                                                              | Fb4              | Fehler                      |
| Kreuzungskomplex: in falscher Richtung in die Einbahnstraße einbiegen                                 | Fb4              | Fehler                      |
| am Stopp-Schild nicht sichern                                                                         | Si1              | Fehler                      |
| am Stopp-Schild nur einseitig sichern                                                                 | Si1              | Unsicherheit                |
| Stopp-Schild überfahren                                                                               | Si2              | Fehler                      |
| Einbahnstraße: nicht beim Einordnen, sondern erst vor dem Abbiegen blinken                            | Ko1              | Fehler                      |
| Kreuzungskomplex: vor der Einbahnstraße stark abbremsen oder stehen bleiben                           | Gf2              | Fehler/ Unsicherheit        |
| beim Linksabbiegen den Gegenverkehr gefährden                                                         | Gf2              | Fehler/ Unsicherheit        |
| durch Abkommen von der Fahrbahn nach links den Gegenverkehr gefährden                                 | Gf2              | Fehler                      |
| Zusammenstoß mit Hindernissen oder anderen Fahrzeugen                                                 | Koll             | Fehler                      |

Am Ende des Untersuchungstermins sollten die Testleiter analog zu Brenner-Hartmann (2002) beurteilen, ob im Fahrverhalten des Testfahrers *keine* vs. *leichte* vs. *nicht unerhebliche* vs. *schwerwiegende* Auffälligkeiten zu beobachten waren.

<sup>32</sup> Ein Abkommen von der Fahrbahn wurde dann als ein solches gewertet, wenn der Abstand des Fahrzeugschwerpunktes von der Spurmitte mindestens 90cm betrug. Bei einer Spurbreite von 3.50m, einer Fahrzeugbreite von 1.90m und einer Reifenbreite von 15cm bedeutet dies, dass die Reifen die Fahrbahnmarkierung *vollständig* überfahren.

<sup>33</sup> Pro Abkommen wurde unabhängig von der Dauer des Abkommens ein Fehler vergeben.

<sup>34</sup> Da das Abbiegen im Simulator deutlich schwieriger ist als im realen Fahrzeug, wurde hier nur eine Unsicherheit codiert. Kam ein Fahrer aber mit dem gesamten Fahrzeug von der Fahrbahn ab, konnte dies auch als Fehler gewertet werden.

### 8.4.3 Auswahl und Aufbereitung der über die Simulation aufgezeichneten Daten

#### 8.4.3.1 Fahrdaten

Die aus den Beobachtungsdaten gewonnenen Ergebnisse sind quasi als Befunde auf der Makro-Ebene anzusehen und sollten durch eine Betrachtung der aufgezeichneten Fahrdaten bestätigt und ergänzt werden (Mikro-Ebene).

Die Fahrdaten, die im Würzburger Fahrsimulator gewonnen werden, liegen in Zeitschriften im Messtakt 100Hz vor. Dabei sind die Auswertungsparameter je nach Fragestellung auszuwählen. Grundsätzlich ist für jedes Szenario getrennt zu entscheiden.

In der vorliegenden Untersuchung sollten durch die Analyse der aufgezeichneten Daten vertiefende Informationen

- (1) zu Spurhaltung und Geschwindigkeit (Fahrzeugstabilisierung) bei Fahraufgaben ohne Fahrmanöver,
- (2) zur Längsregelung bei einem antizipierbaren Bremsmanöver sowie
- (3) zum Abstandsverhalten und zur Reaktionsfähigkeit beim Folgefahren gewonnen werden.

Insbesondere sollten also durch detailliertere Informationen zur *Fahrzeugstabilisierung* in Längs- und Querführung die Beobachtungsdaten zu den Fehlerkategorien Fb1 (Abkommen von der Fahrbahn) sowie zum Geschwindigkeitsverhalten (Fehlerkategorien Gs1 „Überschreiten der Höchstgeschwindigkeit“ und Gs3 „unangepasstes Langsamfahren“) ergänzt werden. Dazu wurden

- die Güte der Spurhaltung anhand der Standardabweichung der Querabweichung (SDLP) und
- die Längsregelung anhand des Mittelwerts und der Standardabweichung der Geschwindigkeit

beurteilt.

Da diese Parameter aber stark vom jeweiligen Szenario abhängig sind, wurden sie für verschiedene Fahraufgaben ohne Fahrmanöver getrennt aggregiert bzw. bestimmt. Betrachtet wurden hier die Szenarien „Freie Fahrt“, „Scharfe Kurve“, „Slalom“ und „Engstelle“, wobei für die „Scharfe Kurve“ und auch den „Slalom“ jeweils nur das erste Durchfahren dargestellt wird.<sup>35</sup> Aufgrund der unterschiedlichen Schwierigkeit dieser Szenarien konnte so auch überprüft werden, ob und inwiefern potentiell nachweisbare Effekte durch diese moderiert wurden.

Zur Beurteilung von möglichen Unterschieden bei einem antizipierbaren Bremsmanöver sollte untersucht werden, ob sich die verschiedenen Versuchsgruppen in ihrer Annäherung an ein Pannenfahrzeug am Fahrbahnrand unterschieden (Szenario „Hindernis“). Als relevante Parameter wurden dazu die Geschwindigkeit bei der ersten Gaswagnahme, der Ort der ersten Gaswagnahme und der Ort bei Erreichen der minimalen Geschwindigkeit<sup>36</sup> (jeweils definiert über

---

<sup>35</sup> Entsprechende Auswertungen zum zweiten Durchfahren und auch zum Szenario „Gegenverkehr versetzt“ wurden zwar vorgenommen, sollen aber aus Gründen der Übersichtlichkeit und mangels eines weiteren Erkenntnisgewinns vernachlässigt werden.

<sup>36</sup> Der Ausdruck minimale Geschwindigkeit rührt daher, dass die Testfahrer hier nicht zwangsläufig in den Stand bremsen mussten, sondern das Pannenfahrzeug - abhängig vom Gegenverkehr - direkt umfahren konnten.

den Abstand zum Hindernis in Metern) herangezogen. Dabei wurde wie bei der „Scharfen Kurve“ und dem „Slalom“ nur das erste Passieren ausgewertet.

Im Hinblick auf Situationen des *Folgefahrens* sollte vorab überprüft werden, ob dieses überhaupt zustande gekommen war.<sup>37</sup> Das Kriterium hierfür war über einen Abstand von maximal 80m zum vorausfahrenden Fahrzeug definiert. Wie das Erreichen des Vordermanns sollte auch eine Betrachtung des Sekundenabstands zum „Wilden Bremser“ als Ergänzung zu den beobachteten Fehlern der Kategorie Ab2 (zu geringer Längsabstand außerorts) dienen.<sup>38</sup>

Im Rahmen der Parkinson-Erkrankung erscheint natürlich die Reaktionsfähigkeit von besonderem Interesse. Diese wurde ebenfalls anhand des Szenarios „Wilder Bremser“ überprüft, indem die Reaktionszeit aus der Differenz zwischen dem Bremsen des Vordermanns und dem ersten Bremsen des Ego-Fahrzeugs errechnet wurde. Zusätzlich wurde eine kategoriale Variable erzeugt, die angab, ob die Testfahrer mit dem „Wilden Bremser“ kollidiert waren oder nicht.

Insgesamt diene also die Auswertung der aufgezeichneten Fahrdaten primär einer vertiefenden Bewertung von operationalen Aspekten der Fahraufgabe, während die taktische Ebene bzw. Aspekte der Bahnführung und die strategische Ebene bzw. die Bewältigung der Navigationsaufgabe besser anhand der Beobachtungsdaten beurteilt werden konnten (Fehler an Knotenpunkten, Navigationsfehler, Nutzen von Zeitlücken etc.).

#### 8.4.3.2 Herzrate

Über eine Analyse der Herzrate während der Fahrt sollte ein physiologischer Indikator zur Beanspruchung durch die Fahrverhaltensprobe gewonnen werden.<sup>39</sup> Diese wurde mittels Klebeelektroden über Brustwandableitung gemessen und wie die Fahrdaten mit einer Tastrate von 100Hz aufgezeichnet. Dabei triggerte die R-Zacke des abgeleiteten Elektrokardiogramms einen Flip-Flop, d.h. bei jedem Herzschlag sprang das Signal von low auf high bzw. von high auf low und blieb bis zum nächsten Wechsel auf diesem Niveau. Die Zeit zwischen zwei Änderungen (high-low bzw. low-high) entsprach der Zeit zwischen zwei Herzschlägen (=Interbeatintervall). Sie lag in Millisekunden (ms) vor und wurde in die Herzrate (Schläge pro Minute bzw. beats-per-minute, bpm) umgerechnet.

#### 8.4.4 Erfassung der subjektiven Einschätzung

Die Selbsteinschätzung der Testfahrer wurde anhand ihrer Angaben zu den in Tabelle 8.4-3 dargestellten Fragebogen-Items beurteilt. Die Fragen waren anhand einer 6-stufigen Kategorienskala sowohl für die Fahrt ohne (FVP1) als auch für die Fahrt mit Zeitdruck (FVP2) zu beantworten.

---

<sup>37</sup> Wie bereits erwähnt, fand insbesondere bei Parkinson-Patienten aufgrund ihrer geringeren Fahrgeschwindigkeit häufig gar kein Folgefahren statt, so dass das Erreichen des Vordermanns als eigener Parameter betrachtet wurde.

<sup>38</sup> Der Parameter „Sekundenabstand zum Vordermann“ konnte nur für das Szenario „Wilder Bremser“ analysiert werden, da nur hier der Vordermann mit dem Ego-Fahrzeug synchronisiert war und in den übrigen Szenarien mit vorausfahrendem Fahrzeug ein Folgefahren nur selten zustande kam.

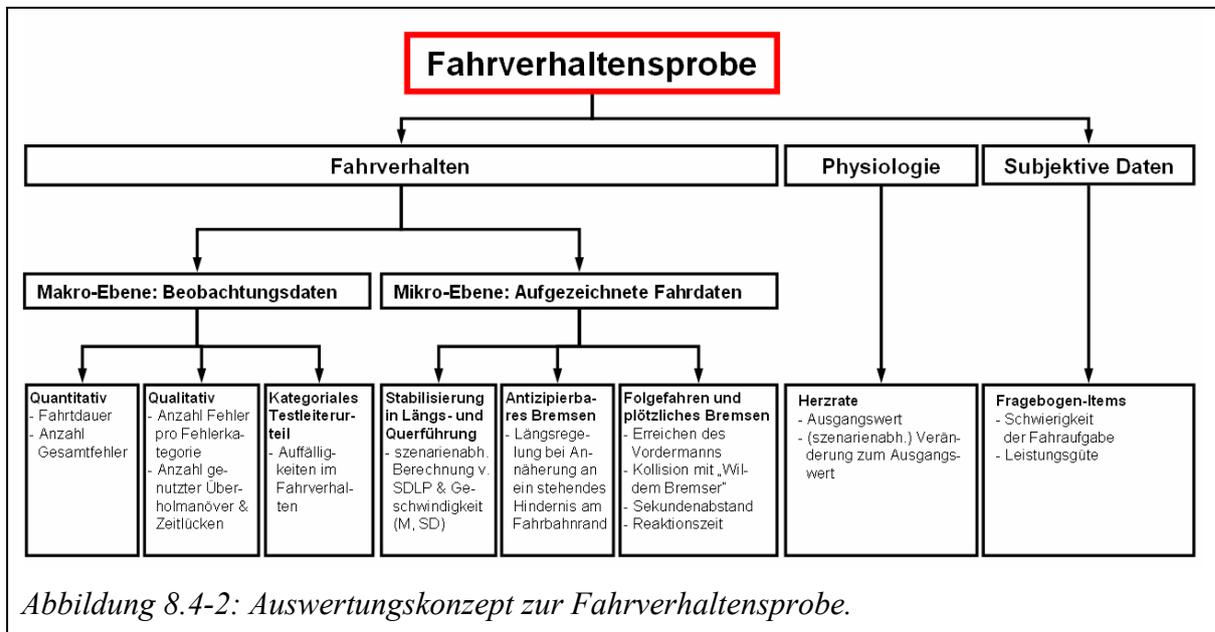
<sup>39</sup> Zur Bedeutung der Herzrate als Beanspruchungsmaß bzw. als Indikator für psychophysische Zustandsveränderungen s. O'Donnell und Eggemeier (1986) und Schandry (1998). Dass die Herzrate die Schwierigkeit einer Fahraufgabe in der Fahrsimulation abbildet, wurde von Buld et al. (2002) belegt.

Tabelle 8.4-3: Fragebogen-Items zur Erfassung der subjektiven Beanspruchung und der subjektiven Leistungsgüte in der Fahrverhaltensprobe.

|                                           |                                                                |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Wie schwierig war die Fahraufgabe?        | gar nicht - sehr wenig - wenig - mittel - schwer - sehr schwer |
| Wie gut haben Sie die Fahraufgabe gelöst? | gar nicht - sehr schlecht - schlecht - mittel - gut - sehr gut |

### 8.4.5 Auswertung

Abbildung 8.4-2 fasst die Parameter, die für jede der vier Datenquellen (Beobachtungsdaten, aufgezeichnete Fahrdaten, Herzrate und subjektive Daten) zur Auswertung herangezogen wurden, in einer Übersicht zusammen. Falls nicht anders beschrieben, erfolgte die Auswertung in Übereinstimmung mit dem allgemeinen Auswertungskonzept, so dass das Vorgehen bei der statistischen Auswertung im Folgenden nur grob skizziert wird. Eine detaillierte Beschreibung des Vorgehens ergibt sich aus dem Bericht der Ergebnisse.



Entsprechend dem allgemeinen Auswertungskonzept galt es zunächst, durch Varianzanalysen mit dem Within-Faktor *PD* und den Between-Faktoren *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit* differenzierende Merkmale zwischen den verschiedenen Versuchsgruppen zu identifizieren. Gegebenenfalls wurde hier auf entsprechende nonparametrische Verfahren zurückgegriffen.

Anschließend sollte durch den Vergleich der Fahrten mit und ohne Zeitdruck der Einsatz und der Nutzen einer taktischen Kompensation über die Geschwindigkeit als zusätzlicher Within-Faktor analysiert werden. Dazu wurde die Wirkung des Zeitdrucks zunächst an der gesamten Stichprobe getestet. Ob der Zeitdruck in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale unterschiedlich wirkte, wurde anschließend anhand der aus beiden Bedingungen gebildeten Differenzen geprüft. Gegebenenfalls wurden zudem getrennte Analysen für die Bedingungen mit und ohne Zeitdruck einander vergleichend gegenübergestellt.

Im Hinblick auf die *Beobachtungsdaten* wurden auf quantitativer Ebene die Gesamtfehlerzahl und die Dauer der Fahrt (FVP1) ausgewertet. Anschließend wurde auf qualitativer Ebene für

jede Fehlerart sowie für die Nutzung von Zeitlücken und die Inanspruchnahme von Möglichkeiten zum Überholen überprüft, ob diese in bestimmten Versuchsgruppen gehäuft auftraten. Zur Prüfung der Wirkung der Kompensationserschwerung wurde hier für die Bedingung ohne Zeitdruck natürlich nur die erste Hälfte der Strecke (FVP1a) herangezogen, da nur dieser Streckenabschnitt unter Zeitdruck wiederholt wurde (FVP2).

Schließlich wurde die Einschätzung der Testleiter zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten mit den Gruppierungsvariablen kreuzklassifiziert.

Auf der Ebene der *aufgezeichneten Fahrdaten* wurde zur Bewertung der Fahrzeugstabilisierung in Streckenabschnitten ohne Fahrmanöver die SDLP sowie Mittelwert und Standardabweichung der Geschwindigkeit analysiert. Um zu prüfen, inwiefern nachgewiesene Effekte von Art und Schwierigkeit des durchfahrenen Szenarios abhängig waren, wurden entsprechende Analysen für mehrere unterschiedlich schwierige Streckenabschnitte durchgeführt und einander vergleichend gegenübergestellt. Dazu zählten, wie bereits unter 8.4.3.1 beschrieben, die Szenarien „Freie Fahrt“, „Scharfe Kurve“, „Slalom“ und „Engstelle“. Zu beachten ist hier, dass der Einfluss der Kompensationserschwerung für die Engstelle nicht überprüft werden konnte, da diese nur in der FVP1b enthalten war und somit nicht unter Zeitdruck gefahren wurde (s. dazu Abschnitt 8.4.1).

Um potentielle Unterschiede in der Längsregelung bei einem antizipierbaren Bremsmanöver aufzudecken, wurden für das Szenario „Hindernis“ die im Abschnitt 8.4.3 genannten Parameter (Geschwindigkeit bei der ersten Gaswegnahme, Ort der ersten Gaswegnahme, Ort des Erreichens der minimalen Geschwindigkeit) ausgewertet.

Die Analysen zum Folgefahren bezogen sich auf

- das Erreichen des Vordermanns in den Situationen „Car Follow“ und „Wilder Bremsler“,
- das Kollidieren mit dem „Wilden Bremsler“,
- den Sekundenabstand zu ihm sowie
- die Reaktionszeit auf dessen plötzliches Bremsmanöver.

Die *Herzrate* sollte vor ihrer eigentlichen Auswertung an einem geeigneten Ausgangswert adjustiert werden. Dazu wurde jeweils die Differenz zur mittleren Herzrate im Szenario „Freie Fahrt“ in der Bedingung ohne Zeitdruck gebildet. Vor der Adjustierung wurde aber zunächst kontrolliert, ob sich die Testfahrer in diesem Ausgangswert voneinander unterschieden (Varianzanalyse nach dem allgemeinen Auswertungskonzept).

Da die verschiedenen Szenarien unterschiedlich lang waren und somit die Mittelwerte der Herzrate pro Szenario auf sehr unterschiedlichen Fallzahlen (Anzahl Schläge) beruhten, wurden die Szenarien nur deskriptiv miteinander verglichen, indem die am Ausgangswert adjustierten Mittelwerte einander gegenübergestellt wurden. Eine inferenzstatistische Prüfung erfolgte schließlich nur anhand des (am Ausgangswert adjustierten) Mittelwerts über die gesamte Strecke der FVP1a bzw. 2.

Schließlich sollte in Ergänzung zum allgemeinen Auswertungskonzept getestet werden, inwiefern die *Selbsteinschätzung* der Probanden mit dem Urteil der Testleiter zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten übereinstimmte. Dazu wurde das unter 8.4.4 beschriebene Fragebogen-Rating zur subjektiven Leistungsgüte varianzanalytisch auch auf eine Abhängigkeit von dem Between-Faktor „Testleiterurteil“ geprüft.

## 8.4.6 Ergebnisse

Im Folgenden sollen die Befunde zum Untersuchungsteil „Fahrverhaltensprobe“, die anhand der Beobachtungsdaten (1), der aufgezeichneten Fahrdaten (2), der Herzrate (3) und der subjektiven Daten (4) gewonnen wurden, berichtet werden.

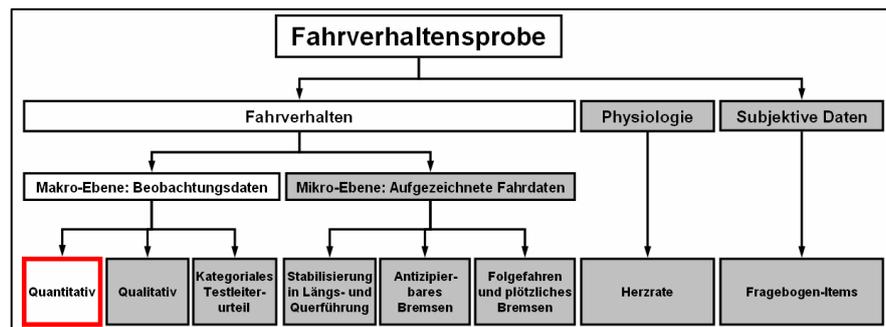
### 8.4.6.1 Beobachtungsdaten

Die Auswertung der Beobachtungsdaten teilte sich in drei Abschnitte: Zuerst soll auf die beobachteten Fehler in der Fahrt ohne Zeitdruck (FVP1) eingegangen werden. Im Anschluss daran wird durch einen Vergleich der Strecken FVP1a (ohne Zeitdruck) vs. FVP2 (mit Zeitdruck) dargestellt, ob und inwiefern sich die Kompensationserschwerung durch Zeitdruck auf die Fahrfehler auswirkte. Dabei werden jeweils zunächst die Gesamtfehlerzahl und die Fahrdauer (quantitative Ebene) analysiert, bevor auf qualitative Unterschiede im Fahrverhalten (Fehlerarten, Zeitlücken, Überholmanöver) eingegangen wird. Abschließend werden die Befunde zum Gesamturteil der Testleiter berichtet.

#### 8.4.6.1.1 Fahrverhaltensprobe ohne Zeitdruck (FVP1)

##### 8.4.6.1.1.1 Gesamtfehlerzahl und Fahrdauer (quantitative Ebene)

Für die beiden Parameter Fahrdauer und Gesamtfehler wurde je eine Varianzanalyse mit dem Within-Faktor *PD* und den Between-Faktoren *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit* durchgeführt, wobei - entsprechend dem all-



gemeinen Auswertungskonzept - nur die Innersubjektfaktoren betrachtet wurden. Es zeigte sich (s. Abbildung 8.4-3), dass die ZG (unabhängig von Schweregrad und Tagesmüdigkeit) bei einer hochsignifikant längeren Fahrdauer ( $p < .001$ ) signifikant mehr Fehler machte ( $p = .020$ ), also tatsächlich schlechter abschnitt als die VG. Während die gesunden Testfahrer den Parcours in durchschnittlich 40.76min ( $SD = 2.61$ min) durchfuhren, benötigten die Patienten dafür im Mittel 44.50min ( $SD = 3.36$ min). Bei einer sehr hohen Variabilität beobachteten die Testleiter in der ZG im Durchschnitt 15.67 Fehler ( $SD = 10.44$ ), während die mittlere Gesamtzahl der von ihnen registrierten Fehler bei der VG nur 9.56 ( $SD = 8.16$ ) betrug. Lediglich deskriptiv war der Unterschied in der Gesamtfehlerzahl zwischen der ZG Hoehn & Yahr 3 ( $M = 21.63$ ,  $SD = 13.23$ ) und ihrer VG ( $M = 10.69$ ,  $SD = 6.63$ ) größer als in den Hoehn & Yahr-Stadien 1 und 2.

Festzuhalten ist an dieser Stelle auch, dass keiner der Testfahrer die Strecke fehlerfrei durchfuhr ( $M = 12.6$ ,  $SD = 9.8$ , Range 1.5-49.5), die Strecke also offensichtlich nicht zu leicht war. Nach dem von Brenner-Hartmann (2002) informell vorgeschlagenen Kriterium ( $< 5$  Fehler/10 Unsicherheiten), hätte kein Patient, aber auch nur neun gesunde Testfahrer die Fahrverhaltensprobe bestanden. Ausreißer mit sehr hohen Fehlerzahlen (über 20) fanden sich - mit Ausnahme einer Testfahlerin der VG - nur unter den Patienten.

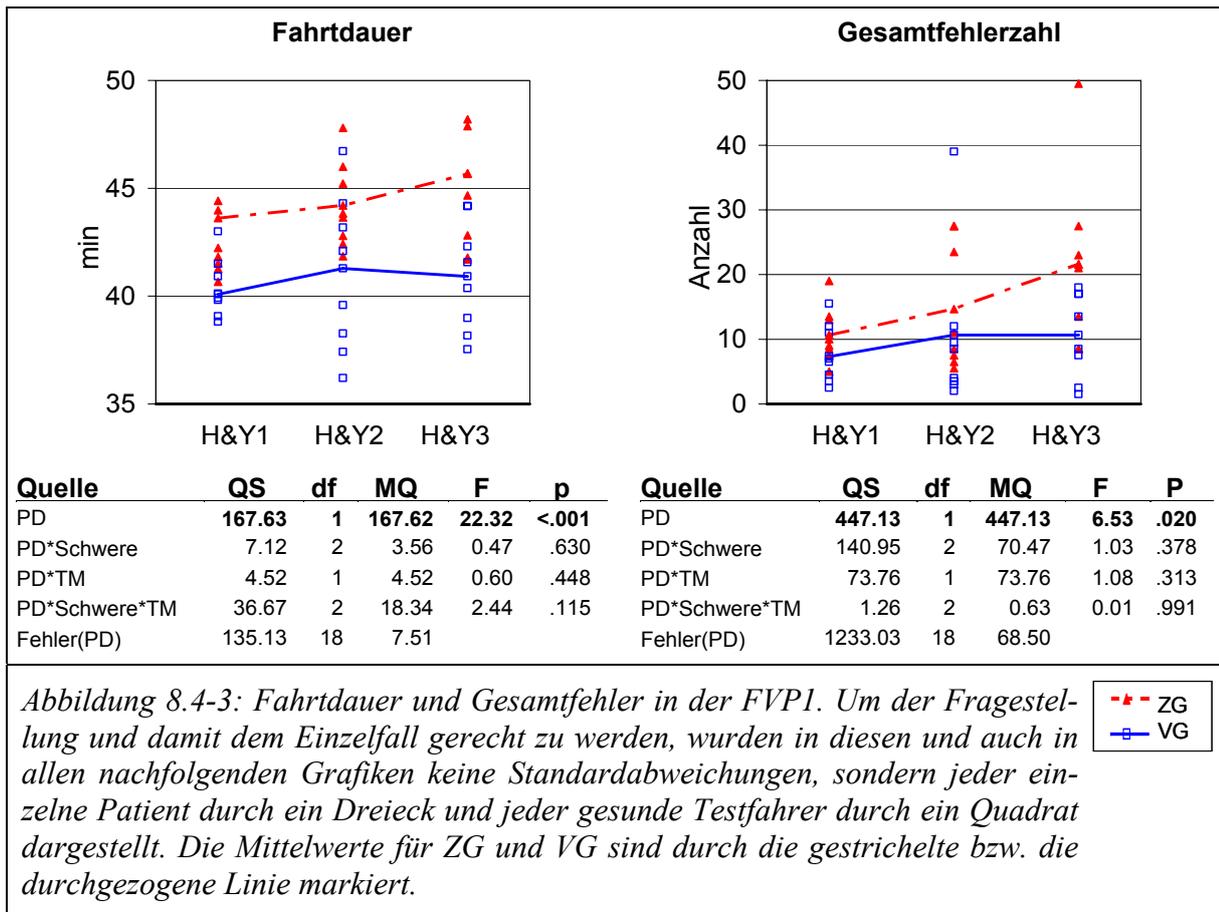
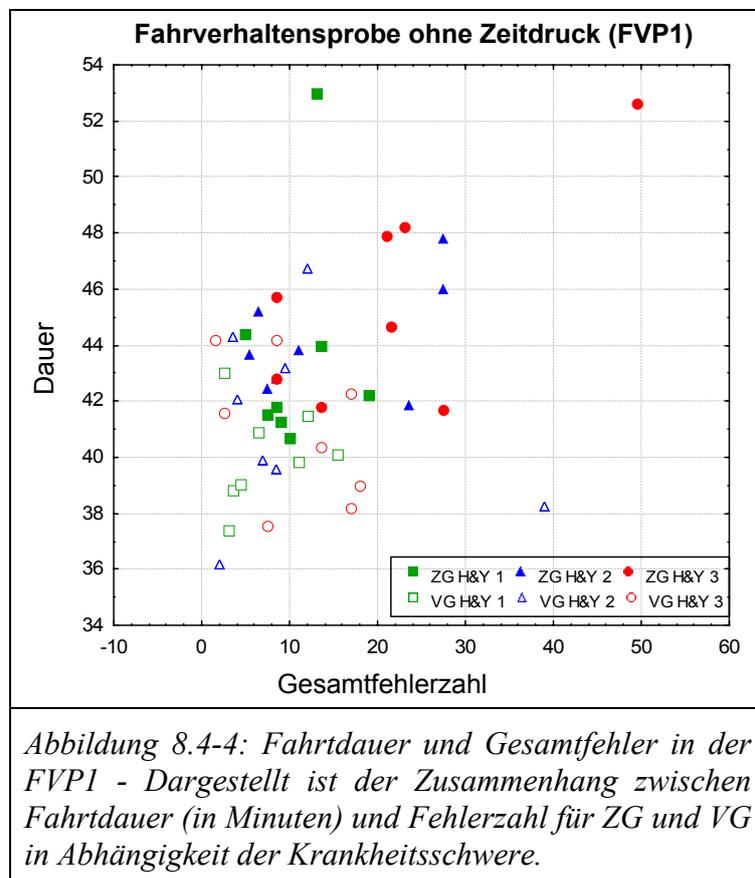


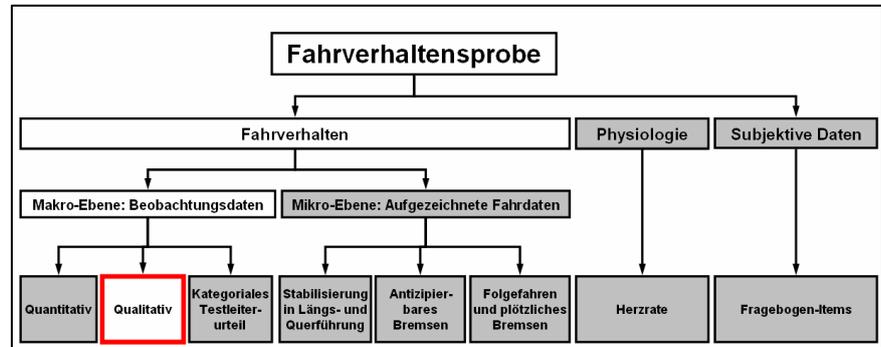
Abbildung 8.4-4 zeigt den Zusammenhang zwischen Fahrdauer und Gesamtfehlerzahl als Scatterplot. Man erkennt, dass eine längere Fahrdauer mit einer höheren Gesamtfehlerzahl assoziiert war. Dieser Zusammenhang ist durch die zugrunde liegende Drittvariable Parkinson zu erklären, da es genau die Patienten waren, die langsamer fuhren und mehr Fehler machten. Ferner wird aus dem Scatterplot - trotz der mangelnden Signifikanz zum Schweregrad der Erkrankung - ersichtlich, dass sich vornehmlich die Patienten der Hoehn & Yahr-Stadien 2 und 3 von der VG unterschieden, während im Hoehn & Yahr - Stadium 1 noch relativ viele Patienten eine der VG vergleichbare Leistung erbrachten: Mit Ausnahme einer Testfahlerin aus der VG hatten nur Patienten



der Stadien 2 und 3 enorm hohe Fehlerzahlen von über 20, wobei die Stadien 2 und 3 nicht voneinander zu unterscheiden waren. Dies bestätigt die schon von Dubinsky et al. (1991) vertretene Meinung, dass das Hoehn & Yahr-Stadium 3 kein geeignetes Kriterium darstellt, um zwischen fahrtauglichen und fahruntauglichen Patienten zu unterscheiden.

#### 8.4.6.1.1.2 Fehlerkategorien, genutzte Zeitlücken und Überholmöglichkeiten (qualitative Ebene)

Anhand der Gesamtfehlerzahl konnte gezeigt werden, dass Parkinson-Patienten tatsächlich eine schlechtere Fahrleistung erbrachten. Nun sollte überprüft werden, ob es bestimmte Fehlerarten waren, die in der ZG gehäuft auftraten.



Dazu wurden alle Fehlerkategorien sowie die Variablen Zeitlücken und Überholmanöver einzeln analysiert.<sup>40</sup>

Eine grafische Darstellung der Verteilung dieser Parameter und der entsprechenden Deskriptiva in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale findet sich in Anhang 1.3.1.1 (Abbildungen 1 und 2). Ersichtlich wird, dass viele Fehlerarten in der gesamten Fahrt sehr selten auftraten und damit nicht normal-, sondern eher linksschief verteilt waren.

So wurde für die Auswertung wie folgt vorgegangen:

- Fehlerarten mit relativ großem Range und einem Mittelwert von über 1 (Fehler wegen überhöhter Geschwindigkeit [Gs1], Fehler wegen Abkommens von der Fahrbahn [Fb1]), aber linksschiefer Verteilung, wurden parametrisch (Varianzanalysen), zur Kontrolle aber auch nonparametrisch (Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben bei sukzessiver Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit) auf differenzierende Merkmale zwischen den Versuchsgruppen getestet.
- Fehlerarten mit extrem geringer Auftretenshäufigkeit (alle übrigen Kategorien) wurden dichotomisiert (gar nicht vs. mindestens ein(e) Unsicherheit/ Fehler) oder trichotomisiert (keine vs. wenige Fehler/ Unsicherheiten vs. viele Fehler/ Unsicherheiten) und mittels Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln bei stufenweiser Schichtung nach den Gruppierungsvariablen analysiert. D.h. zunächst wurde die Variable *PD* (ZG vs. VG) mit der jeweiligen Fehlerkategorie kreuztabelliert, anschließend wurde diese Kreuztabellierung geschichtet nach dem Hoehn & Yahr-Stadium (3-fach Schichtung), dann geschichtet nach Tagesmüdigkeit (2-fach Schichtung) und schließlich geschichtet nach Hoehn & Yahr-Stadium *und* Tagesmüdigkeit (6-fach Schichtung) durchgeführt.

Tabelle 8.4-4 zeigt zunächst die Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertungen zu den Fehlerkategorien Gs1 und Fb1. So unterschieden sich ZG und VG insgesamt nicht in der Fehlerkategorie Gs1 (Haupteffekt *PD*:  $p=0.425$ ): Unabhängig von Krankheitsschwere und Tages-

<sup>40</sup> Da in der Gesamtfehlerzahl ein Unterschied zwischen ZG und VG inferenzstatistisch abgesichert worden war, konnten die verschiedenen Fehlerkategorien anschließend - i.S. einer geschlossenen Testprozedur - einzeln analysiert werden, ohne eine Alpha-Adjustierung vorzunehmen.

müdigkeit überschritten die Patienten die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Mittel 2.00-mal (SD=2.36), die gesunden Testfahrer 2.50-mal (SD=2.32).

Tabelle 8.4-4: Varianzanalysen zu Fehlern wegen überhöhter Geschwindigkeit (Gs1) und wegen Abkommens von der Fahrbahn (Fb1).

| Quelle            | Variable | QS            | df       | MQ            | F           | p           |
|-------------------|----------|---------------|----------|---------------|-------------|-------------|
| PD                | Gs1      | 3.00          | 1        | 3.00          | 0.67        | .425        |
|                   | Fb1      | <b>221.02</b> | <b>1</b> | <b>221.02</b> | <b>6.79</b> | <b>.018</b> |
| PD * Schwere      | Gs1      | 7.63          | 2        | 3.81          | 0.85        | .445        |
|                   | Fb1      | <b>192.45</b> | <b>2</b> | <b>96.22</b>  | <b>2.95</b> | <b>.078</b> |
| PD * TM           | Gs1      | 2.08          | 1        | 2.08          | 0.46        | .505        |
|                   | Fb1      | 88.02         | 1        | 88.02         | 2.70        | .118        |
| PD * Schwere * TM | Gs1      | 9.29          | 2        | 4.65          | 1.03        | .376        |
|                   | Fb1      | 21.95         | 2        | 10.97         | 0.34        | .718        |
| Fehler(PD)        | Gs1      | 81.00         | 18       | 4.50          |             |             |
|                   | Fb1      | 586.31        | 18       | 32.57         |             |             |

Allerdings zeichnete sich die ZG - bei hoher Variabilität - durch ein signifikant gehäuftes Auftreten von Fehlern wegen Abkommens von der Fahrbahn (Fb1) aus (Haupteffekt PD:  $p=.018$ ): Während die ZG durchschnittlich 8.00-mal (SD=8.52) von der Fahrbahn abkam, geschah dies in der VG im Mittel nur 3.71-mal (SD=4.92). Allerdings bestand hier zudem ein tendenzieller Zusammenhang zum Hoehn & Yahr-Stadium, wobei sich die Interaktion PD x Schwere ( $p=.078$ ) entsprechend nachgeschobener Post-Hoc-Tests (s. Tabelle 8.4-4) als ordinal erwies und somit die Interpretierbarkeit des Haupteffekts PD einschränkte: Nur im Hoehn & Yahr-Stadium 3 traten Fb1-Fehler häufiger auf als in der zugehörigen VG ( $t=2.30$ ,  $p=.055$ ; ZG:  $M=13.63$ ,  $SD=11.34$  vs. VG:  $M=3.81$ ,  $SD=3.05$ <sup>41</sup>). Der Effekt, dass Fb1-Fehler primär bei Tagesmüdigkeit gehäuft auftraten, verfehlte knapp eine Tendenz (Interaktion PD x Tagesmüdigkeit:  $p=.118$ ). Allerdings ergaben die zusätzlich durchgeführten nonparametrischen Analysen (Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben) einen signifikanten Unterschied zwischen der ZG mit Tagesmüdigkeit und ihrer VG ( $p=.045$ ), während dieser in der ZG ohne Tagesmüdigkeit nur deskriptiv nachzuweisen war ( $p=.530$ ).

Ansonsten bestätigten die nonparametrischen Tests zu den Fehlerkategorien Gs1 und Fb1 aber die Befunde der varianzanalytischen Auswertung.

Das Vorgehen für die übrigen Fehlerkategorien bzw. die Auswertung über Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln sei am Beispiel der Fehlerkategorie Gf2 (Fehler wegen einer Behinderung oder Gefährdung anderer motorisierter Verkehrsteilnehmer) erläutert:

- Insgesamt registrierten die Beobachter bei 58% der ZG und 21% der VG mindestens einen Fehler wegen einer Behinderung oder Gefährdung anderer. Entsprechend dem zugehörigen Chi-Quadrat-Test erwies sich dieser Effekt als hochsignifikant ( $p=.008$ , s. dazu Tabelle 8.4-5).
- Die Schichtung nach dem Hoehn & Yahr-Stadium (Tabelle 8.4-6) bestätigte diesen Effekt für Patienten im Stadium 2 durch eine Signifikanz ( $p=.012$ ), während er für das Stadium 3 knapp eine Tendenz verfehlte ( $p=.131$ ) und im Stadium 1 nicht zu finden war ( $p=1.000$ ).

<sup>41</sup> Vgl. H&Y1: ZG:  $M=5.06$ ,  $SD=4.75$  vs. VG:  $M=2.44$ ,  $SD=2.47$ ;  $t=1.33$ ,  $p=.226$ ;  
H&Y2: ZG:  $M=5.31$ ,  $SD=5.76$  vs. VG:  $M=4.88$ ,  $SD=7.80$ ;  $t=0.27$ ,  $p=.798$ .

- Die Schichtung nach Tagesmüdigkeit (s. Tabelle 8.4-7) lieferte für die ZG mit Tagesmüdigkeit einen hochsignifikanten ( $p=.009$ ), für die ZG ohne Tagesmüdigkeit nur einen deskriptiven Unterschied ( $p=.408$ ) zur jeweiligen VG.
- Vermutlich aufgrund der sehr geringen Zellbesetzungen lieferte die Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit keine statistisch bedeutsamen Effekte. Auf eine entsprechende tabellarische Darstellung wurde daher verzichtet.

Da anhand dieser nonparametrischen Auswertung Interaktionen nicht auf direktem Wege inferenzstatistisch geprüft werden können, konnte hier auch nicht entschieden werden, ob es sich um signifikante Interaktionen handelte, welche die Interpretierbarkeit der ungeschichteten Kreuztabellierung einschränkten.

So ist zusammenfassend festzuhalten, dass Parkinson-Patienten andere Verkehrsteilnehmer insgesamt häufiger gefährdeten als die gesunden Testfahrer, wobei dies insbesondere für Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 und für Patienten mit Tagesmüdigkeit galt.

Die Befunde zu den übrigen Fehlerkategorien, die über Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln ausgewertet wurden, sind in Tabelle 8.4-8 zusammengefasst. Die zugehörigen Kontingenztafeln finden sich in Anhang 1.3.1.2 (Tabellen 7 bis 25), wobei die nach den Gruppierungsmerkmalen geschichteten Tafeln nur dann dargestellt wurden, wenn sich statistisch bedeutsame Zusammenhänge ergaben.

Tabelle 8.4-5: Gefährdung anderer motorisierter Verkehrsteilnehmer (Gf2) bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Gf2-Fehler/ Unsicherheit |             | gesamt |
|--------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------|
|        |                          | nein                     | ja          |        |
| ZG     | Anzahl                   | 10                       | 14          | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 14.5                     | 9.5         | 24.00  |
|        | % von Gruppe             | 41.7                     | <b>58.3</b> | 100.00 |
|        | Standardisierte Residuen | -1.2                     | <b>1.5</b>  |        |
| VG     | Anzahl                   | 19                       | 5           | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 14.5                     | 9.5         | 24.00  |
|        | % von Gruppe             | 79.2                     | <b>20.8</b> | 100.00 |
|        | Standardisierte Residuen | 1.2                      | <b>-1.5</b> |        |
| gesamt | Anzahl                   | 29                       | 19          | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 29.0                     | 19.0        | 48.00  |
|        | % von Gruppe             | 60.4                     | 39.6        | 100.00 |

$X^2(1)=7.06$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.008$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 9.50.

Tabelle 8.4-6: Gefährdung anderer motorisierter Verkehrsteilnehmer (Gf2) bei ZG und VG geschichtet nach Krankheitsschwere.

| H&Y                      | Gruppe                   |                          | Gf2-Fehler/ Unsicherheit |             |        |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------|
|                          |                          |                          | nein                     | ja          | gesamt |
| 1                        | ZG                       | Anzahl                   | 5                        | 3           | 8      |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 5.5                      | 2.5         | 8.0    |
|                          |                          | % von Gruppe             | 62.5                     | 37.5        | 100.0  |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.2                      | .3          |        |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 6                        | 2           | 8      |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 5.5                      | 2.5         | 8.0    |
|                          |                          | % von Gruppe             | 75.0                     | 25.0        | 100.0  |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .2                       | -.3         |        |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 11                       | 5           | 16     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 11.0                     | 5.0         | 16.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 68.8                     | 31.3        | 100.0  |
|                          | 2                        | ZG                       | Anzahl                   | 2           | 6      |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 4.5                      | 3.5         | 8.0    |
| % von Gruppe             |                          |                          | 25.0                     | <b>75.0</b> | 100.0  |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | -1.2                     | <b>1.3</b>  |        |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 7                        | 1           | 8      |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 4.5                      | 3.5         | 8.0    |
|                          |                          | % von Gruppe             | 87.5                     | <b>12.5</b> | 100.0  |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | 1.2                      | <b>-1.3</b> |        |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 9                        | 7           | 16     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 9.0                      | 7.0         | 16.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 56.3                     | 43.8        | 100.0  |
| 3                        |                          | ZG                       | Anzahl                   | 3           | 5      |
|                          | Erwartete Anzahl         |                          | 4.5                      | 3.5         | 8.0    |
|                          | % von Gruppe             |                          | 37.5                     | 62.5        | 100.0  |
|                          | Standardisierte Residuen |                          | -.7                      | .8          |        |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 6                        | 2           | 8      |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 4.5                      | 3.5         | 8.0    |
|                          |                          | % von Gruppe             | 75.0                     | 25.0        | 100.0  |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .7                       | -.8         |        |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 9                        | 7           | 16     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 9.0                      | 7.0         | 16.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 56.3                     | 43.8        | 100.0  |

H&Y1:  $X^2(1)=.291$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 2.50.

H&Y2:  $X^2(1)=6.35$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.012$ , 4 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 3.50.

H&Y3:  $X^2(1)=2.29$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.131$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 3.50.

Tabelle 8.4-7: Gefährdung anderer motorisierter Verkehrsteilnehmer (Gf2) bei ZG und VG geschichtet nach Tagesmüdigkeit.

| TM                       | Gruppe |                          | Gf2-Fehler/ Unsicherheit |             | gesamt |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------|
|                          |        |                          | nein                     | ja          |        |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 6                        | 6           | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.0                      | 5.0         | 12.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 50.0                     | 50.0        | 100.0  |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.4                      | .4          |        |
|                          | VG     | Anzahl                   | 8                        | 4           | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.0                      | 5.0         | 12.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 66.7                     | 33.3        | 100.0  |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .4                       | -.4         |        |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 14                       | 10          | 24     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 14.0                     | 10.0        | 24.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 58.3                     | 41.7        | 100.0  |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl                   | 4           | 8      |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 7.5                      | 4.5         | 12.0   |
| % von Gruppe             |        |                          | 33.3                     | <b>66.7</b> | 100.0  |
| Standardisierte Residuen |        |                          | -1.3                     | <b>1.6</b>  |        |
| VG                       |        | Anzahl                   | 11                       | 1           | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.5                      | 4.5         | 12.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 91.7                     | <b>8.3</b>  | 100.0  |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 1.3                      | <b>-1.6</b> |        |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 15                       | 9           | 24     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 15.0                     | 9.0         | 24.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 62.5                     | 37.5        | 100.0  |

o. TM:  $X^2(1)=.69$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.408$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 5.00.

m. TM:  $X^2(1)=8.71$ ,  $p(\text{exakt})=.009$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 4.50.

Tabelle 8.4-8: Zusammenfassung der Befunde aus den Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln zu Fehlerkategorien mit seltener Auftretenshäufigkeit.

|                          | ZG<br>% | VG<br>% | p    | H&Y1<br>p            | H&Y2<br>p         | H&Y3<br>p | o. TM<br>p           | m. TM<br>p           |
|--------------------------|---------|---------|------|----------------------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| Gs2                      | 37.5    | 37.5    | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Gs3                      | 29.2    | 8.3     | .064 | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Ab2                      | 41.7    | 25.0    | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | .098 <sup>a, b</sup> |
| Ab3                      | 29.2    | 20.8    | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Fb2                      | 20.8    | 37.5    | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | .009 <sup>a, c</sup> | n.s.                 |
| Fb3                      | 29.2    | 20.8    | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Fb4 (>1) <sup>d</sup>    | 20.8    | 16.7    | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Si1                      | 12.5    | 4.2     | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Si2                      | 20.8    | 8.3     | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Si3                      | 8.3     | 4.2     | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Gf2                      | 58.3    | 20.8    | .008 | n.s.                 | .012 <sup>e</sup> | n.s.      | n.s.                 | .003 <sup>f</sup>    |
| Koll                     | 20.8    | 37.5    | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | .083 <sup>a, g</sup> | n.s.                 |
| Koll o. WB               | 8.3     | 8.3     | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |
| Ko1 (>1) <sup>d, h</sup> | 37.5    | 4.2     | .018 | .019 <sup>i, j</sup> | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | .070 <sup>k</sup>    |
| Nav                      | 25.0    | 12.5    | n.s. | n.s.                 | n.s.              | n.s.      | n.s.                 | n.s.                 |

Anmerkungen. WB=Wilder Bremsler. Zur Definition der einzelnen Fehlerkategorien s. Text.

<sup>a</sup> Vergleichswert bei Alpha-Adjustierung  $p=.05/5=.01$  für Signifikanz,  $p=0.1/5=.02$  für Tendenz. <sup>b</sup> ZG: 58.3% vs. VG 25.0%. <sup>c</sup>: ZG: 8.3% vs. VG 58.3%. <sup>d</sup> trichotomisierte Variable 0 vs. 0.5-1 vs. >1 Fehler. <sup>e</sup> ZG: 75.0% vs. VG: 12.5%. <sup>f</sup> ZG: 66.7% vs. VG 8.3%, <sup>g</sup> ZG: 16.7% vs. VG 50.0%. <sup>h</sup> Nur hier ergab sich bei Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit ein signifikanter Effekt: Insbesondere die ZG H&Y1 mit TM zeichnete sich durch viele Blinkfehler aus (100% vs. 0% in der zugehörigen VG,  $p(\text{exakt})=.029$ ). <sup>i</sup> Exakte Testung. <sup>j</sup> ZG: 62.5% vs. VG 0.0%. <sup>k</sup> ZG: 50.0% vs. VG 8.3%.

Neben dem Befund, dass die ZG (insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 2 und bei Tagesmüdigkeit) gehäuft andere Verkehrsteilnehmer gefährdete, ergaben die Tests, dass die ZG

- tendenziell häufiger unangepasst langsam fuhr (Gs3) sowie
- insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 1 und bei Tagesmüdigkeit signifikant häufiger mehr als einen Blinkfehler beging (Ko1).

Zur Kontrolle einer Alpha-Inflation bedingt durch multiples Testen wurden bei der Schichtung nach Krankheitsschwere und/ oder Tagesmüdigkeit zunächst nur solche Effekte interpretiert, bei denen ein bedeutsamer Unterschied zwischen ZG und VG insgesamt, also ohne Schichtung, nachgewiesen worden war (i.S. einer geschlossenen Testprozedur).

Für die übrigen geschichteten Analysen wurde eine Alpha-Adjustierung vorgenommen. Demzufolge war nur ein weiterer bedeutsamer Effekt festzustellen: Patienten ohne Tagesmüdigkeit begingen seltener Spurwechselfehler (Fb2) als die Testfahrer ihrer VG.

Die Analysen bei einer Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit (6-fach Schichtung) lieferten selbst ohne Alpha-Adjustierung - vermutlich bedingt durch die sehr geringen Zellbesetzungen - keine statistisch bedeutsamen Effekte. So wurde in Tabelle 8.4-8 auch auf eine Darstellung der entsprechenden Befunde verzichtet. Lediglich für die ZG Hoehn & Yahr 1 mit Tagesmüdigkeit konnte eine besondere Häufung von Blinkfehlern nachgewiesen werden (100% vs. 0% in zugehöriger VG, s. dazu Tabelle 24 in Anhang 1.3.1.2).

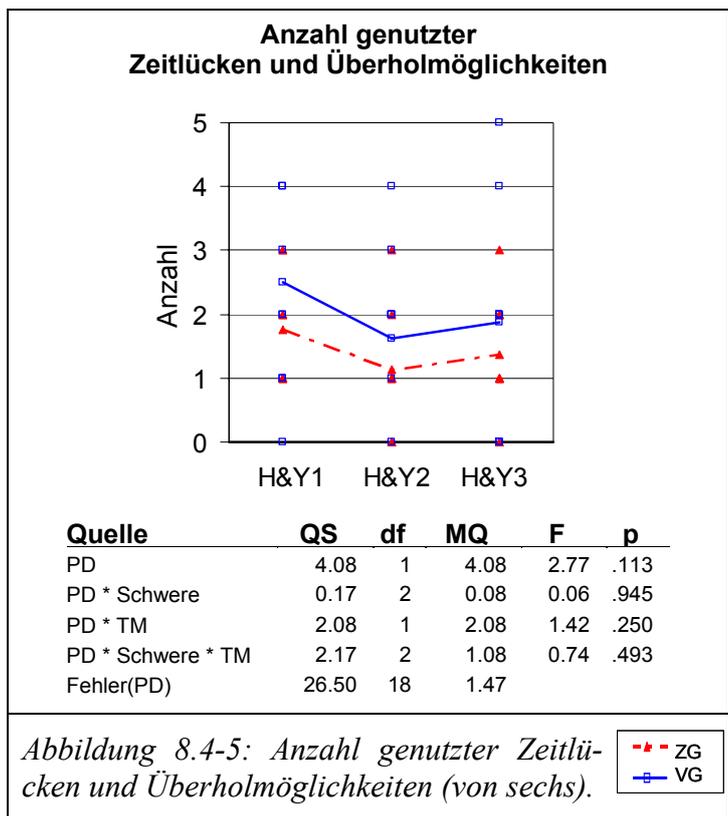
Für alle übrigen Fehlerarten sowie Kollisionen fanden sich keinerlei statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.

Bedingt dadurch, dass die ZG den „Wilden Bremser“ aufgrund ihrer geringen Fahrgeschwindigkeit und hoher Sicherheitsabstände (s. dazu auch Abschnitt 8.4.6.2.3.2) sehr selten erreichte, traten Kollisionen bei der VG zumindest deskriptiv sogar etwas häufiger auf: 21% der ZG, aber 38% der VG waren in der gesamten FVP1 mindestens einmal mit einem anderen Fahrzeug oder einem stehenden Hindernis zusammengestoßen. Abgesehen vom „Wilden Bremser“ kam es bei zwei Testfahrern der VG sowie einem Patienten (Hoehn & Yahr 3 mit Tagesmüdigkeit) zu einer Kollision, bei einem weiteren Patienten (Hoehn & Yahr 2 ohne Tagesmüdigkeit) zu zwei Kollisionen. Insgesamt traten Kollisionen also auch unter Ausschluss des „Wilden Bremers“ in der ZG nicht häufiger auf als in der VG.

Als Ausdruck einer defensiven Fahrweise wurde schließlich die Summe an genutzten Zeitlücken und Überholmöglichkeiten nach dem allgemeinen Auswertungskonzept auf Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen analysiert. Insgesamt waren maximal zwei erlaubte Überholmanöver sowie an vier Kreuzungen das Nutzen von Zeitlücken möglich, so dass hier ein Maximalwert von 6 erreicht werden konnte (tatsächlich aufgetreten ist allerdings nur ein Maximalwert von 5).

Der sich in Abbildung 8.4-5 abzeichnende Effekt, dass die VG häufiger Zeitlücken und Überholmöglichkeiten nutzte, verfehlte in der entsprechenden Varianzanalyse knapp eine Tendenz ( $p=.113$ ). Eine Abhängigkeit von Krankheitsschwere oder Tagesmüdigkeit konnte dabei nicht festgestellt werden.

Schließlich wurden das Überholen und das Nutzen von Zeitlücken noch getrennt betrachtet. Analog dem Vorgehen bei sehr seltenen Fehlern mit einem Mittelwert  $< 1$  (s. oben) wurden auch die Variablen Zeitlücken (3-kategorial: keine vs. eine vs. mehrere) und Überholen (gar nicht vs. einmal vs. zweimal) mittels Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln auf Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen analysiert. Tabelle 8.4-9 fasst die Befunde zusammen, die zugehörigen Kontingenztafeln finden sich in Anhang 1.3.1.3 (Tabellen 26 bis 31). Es ist festzuhalten, dass der sich in Abbildung 8.4-5 abzeichnende Befund nur auf das Überholen, nicht auf das Nutzen von Zeitlücken zurückzuführen ist ( $p$ -Wert der ungeschichteten Kreuztabellen für Überholmanöver:  $p=.004^{42}$  bzw. für Zeitlücken:  $p=.150$ ). Während gesunde Testfahrer gehäuft beide Überholmöglichkeiten in Anspruch nahmen (46%), überholte die Mehrheit der Patienten gar nicht (63%). Insbesondere waren es die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2, die Überholvorgänge mieden (75% vs. 12.5% ihrer VG überholten gar nicht), ebenso wie Patienten ohne Tagesmüdigkeit (83% vs. 17% ihrer VG überholten gar nicht). Patienten mit Tagesmüdigkeit nutzten zwar nie beide, jedoch relativ häufig zumindest eine Möglichkeit zum Überholen (58%).



<sup>42</sup> Dieser Effekt hätte auch einer eigentlich notwendigen Adjustierung standgehalten.

Hinsichtlich des Nutzens von Zeitlücken ergaben die Chi-Quadrat-Tests dagegen keine statistisch bedeutsamen Effekte. Lediglich in der Tendenz nutzten Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 1 gehäuft nur eine, ihre VG hingegen mehrere Zeitlücken. Dieser Effekt hält jedoch einer Alpha-Adjustierung nicht stand.

Tabelle 8.4-9: Zusammenfassung der Befunde aus den Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln zur Nutzung von Überholmöglichkeiten und Zeitlücken.

|                                       | ZG   |      | VG   |      |      |      |                   | p                   | H&Y1              | H&Y2 | H&Y3              | o. TM             | m. TM |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------------------|---------------------|-------------------|------|-------------------|-------------------|-------|
|                                       | %    |      | %    |      |      |      |                   |                     | p                 | p    | p                 | p                 | p     |
| <b>Überh.<sup>a</sup><br/>(0-1-2)</b> | 62.5 | 29.2 | 8.3  | 20.8 | 33.3 | 45.8 | .004 <sup>b</sup> | n.s.                | .024 <sup>b</sup> | n.s. | .003 <sup>b</sup> | .067 <sup>b</sup> |       |
| <b>Zeitl.<br/>(0-1-2/3)</b>           | 29.2 | 50.0 | 20.8 | 54.2 | 25.0 | 20.8 | n.s.              | .060 <sup>b,c</sup> | n.s.              | n.s. | n.s.              | n.s.              |       |

<sup>a</sup> Hier ergab sich auch bei einer Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit ein signifikanter Effekt: Insbesondere die ZG H&Y2 ohne TM vermied Überholvorgänge (100% vs. 0% der zugehörigen VG, p(exakt)=.029). <sup>b</sup> Exakte Testung. <sup>c</sup> Vergleichswert bei Alpha-Adjustierung p=.010 für Signifikanz, p=.020 für Tendenz.

#### 8.4.6.1.1.3 Zusammenfassung zur Fahrverhaltensprobe ohne Zeitdruck (FVPI)

Die bei der ZG signifikant erhöhte Gesamtfehlerzahl ist also auf ein gehäuftes Auftreten von Fehlern wegen

- Abkommens von der Fahrbahn (statistisch bedeutsam erst im Hoehn & Yahr-Stadium 3, tendenziell gehäuft auch bei Tagesmüdigkeit),
- stark verlangsamten Fahrens,
- falsch/ verzögerten/ nicht Blinkens (insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 1 und bei Tagesmüdigkeit) und
- einer Behinderung oder Gefährdung anderer (insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 2 und bei Tagesmüdigkeit)

zurückzuführen. Für alle übrigen Fehler-Kategorien fanden sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen ZG und VG. Der sich in Abbildung 8.4-3 deskriptiv abzeichnende Zusammenhang zwischen der Gesamtfehlerzahl und der Krankheitsschwere war also nur durch die Fehler in der Spurhaltung zu erklären.

Dass die Patienten signifikant mehr Zeit benötigten, um den Parcours zu durchfahren, als die gesunden Testfahrer wies auf den Einsatz taktischer Kompensationsstrategien hin. Dies wurde auch durch den Befund unterstützt, dass die ZG (insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 2) Überholmanöver vermied.

Tabelle 8.4-10 zeigt die Unterschiede der verschiedenen Subgruppen der ZG zu ihrer jeweiligen VG im Überblick.

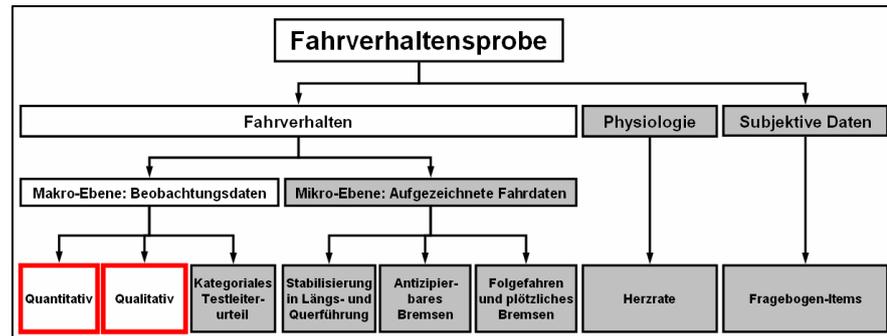
Tabelle 8.4-10: Zusammenfassende Übersicht zur Fahrtdauer, zu Fahrfehlern und zur Nutzung von Zeitlücken und Überholmöglichkeiten in der FVP1. Welche Subgruppe der ZG war schlechter (<), gleich gut (=) oder besser (>) als ihre VG?

| <i>Parameter</i>      | <i>H&amp;Y1<br/>o. TM</i> | <i>H&amp;Y1<br/>m. TM</i> | <i>H&amp;Y2<br/>o. TM</i> | <i>H&amp;Y2<br/>m. TM</i> | <i>H&amp;Y3<br/>o. TM</i> | <i>H&amp;Y<br/>m. TM</i> |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <i>Dauer</i>          | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                       |
| <i>Gesamtfehler</i>   | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                       |
| <i>Gs1</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Gs2</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Gs3</i>            | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         | <                        |
| <i>Ab2</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Ab3</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Fb1</i>            | =                         | <                         | =                         | <                         | <<                        | <<                       |
| <i>Fb2</i>            | >>                        | =                         | >>                        | =                         | >>                        | =                        |
| <i>Fb3</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Fb4</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Si1</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Si2</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Si3</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Gf2</i>            | <<                        | <<<                       | <<<                       | <<<                       | <<                        | <<<                      |
| <i>Koll</i>           | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Ko1</i>            | <<<                       | <<<<                      | <<                        | <<<                       | <<                        | <<<                      |
| <i>Nav</i>            | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Zeitl./ Überh.</i> | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Zeitlücken</i>     | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                        |
| <i>Überholen</i>      | <<<                       | <<                        | <<<<                      | <<<                       | <<<                       | <<                       |

Anmerkung. Zur Definition der Fehlerkategorien s. Text.

#### 8.4.6.1.2 Wirkung der Kompensationserschwerung - Vergleich der Fahrten mit (FVP2) und ohne Zeitdruck (FVP1a)

Um den Kompensationsgewinn der Patienten abschätzen zu können, wurden in den folgenden Abschnitten die Beobachtungsdaten der Fahrten mit und ohne Zeitdruck verglichen. Da nur die erste Hälfte der FVP1 unter Zeitdruck wiederholt wurde, wurde zu diesem Vergleich auch nur diese erste Hälfte der FVP1 (FVP1a) herangezogen.



##### 8.4.6.1.2.1 Prüfung der Wirkung des Zeitdrucks über die gesamte Stichprobe

Zunächst wurde über die gesamte Stichprobe untersucht, ob die Instruktion überhaupt gewirkt hatte. Dazu wurde mittels t-Tests geprüft, ob die Differenzen der Fahrtdauern, der Gesamtfehlerzahl und der Fehlerzahl in den verschiedenen Kategorien signifikant von 0 verschieden waren. Tabelle 8.4-11 fasst die zugehörigen Befunde zusammen.

So lässt sich zunächst festhalten, dass die Instruktion tatsächlich gewirkt hatte (Manipulation Check): Während die FVP1a in durchschnittlich 24.85min durchfahren wurde (SD=2.67min), benötigten die Testfahrer für die gleiche Strecke unter Zeitdruck (FVP2) nur noch 22.24min (SD=1.28min). Der mittlere Zeitgewinn lag demnach bei 2.61min (SD=2.30min) und war hochsignifikant von 0 verschieden.

Zudem bewirkte der Zeitdruck auch einen hochsignifikanten Fehlerzuwachs von durchschnittlich 5.78 Fehlern (SD=7.97). Während die Testfahrer in der Fahrt ohne Zeitdruck durchschnittlich nur 8.32 (SD=7.41) Fehler machten, lag die mittlere Zahl an Fahrfehlern in der Fahrt mit Zeitdruck bei 14.10 (SD=11.37).

Entsprechend den Analysen zu den einzelnen Beobachtungsvariablen<sup>43</sup> nahmen Fehler

- wegen überhöhter Geschwindigkeit (Gs1),
- wegen Abkommens von der Fahrbahn (Fb1) signifikant und
- Kollisionen (Koll) zumindest tendenziell zu.<sup>44</sup>
- Dagegen nahmen Fehler wegen stark verlangsamten Fahrens (Gs3), aber auch Fehler wegen Befahrens unzulässiger Fahrbahnen (Fb4) signifikant ab.
- Tendenziell wurden nun auch weniger Navigationsfehler (Nav) beobachtet, was möglicherweise als Übungseffekt im Umgang mit dem Navigationssystem zu erklären ist.

<sup>43</sup> Bei der Analyse der einzelnen Fehlerkategorien wurde eine Alpha-Inflation im Sinne einer geschlossenen Testprozedur kontrolliert (da eine signifikante Wirkung der Instruktion auf die Gesamtfehlerzahl nachgewiesen worden war, konnte bei den einzelnen Fehlerkategorien auf eine Alpha-Adjustierung verzichtet werden).

<sup>44</sup> Letzteres ist wohl dadurch zu erklären, dass nun mehr Fahrer den „Wilden Bremser“ erreichten (s. dazu auch Abschnitt 8.4.6.2.3.2).

- Schließlich wurden nun hochsignifikant häufiger Zeitlücken und Überholmöglichkeiten genutzt, was im Sinne eines Manipulation Checks ebenfalls als positiv zu werten ist.

*Tabelle 8.4-11: Prüfung der Wirkung der Instruktion auf die Fahrdauer, die Gesamtfehlerzahl, die verschiedenen Fehlerarten sowie die Nutzung von Zeitlücken und Überholmöglichkeiten durch Testung der mittleren Differenzen gegen 0 (t-Tests).*

| <b>Variable</b>       | <b>M</b> | <b>SD</b> | <b>t</b> | <b>p</b>        |
|-----------------------|----------|-----------|----------|-----------------|
| <b>Fahrdauer</b>      | 5.78     | 7.97      | 5.02     | <b>&lt;.001</b> |
| <b>Gesamtfehler</b>   | 2.61     | 2.30      | 7.87     | <b>&lt;.001</b> |
| <b>Gs1</b>            | 2.73     | 3.07      | 6.16     | <b>&lt;.001</b> |
| <b>Gs2</b>            | 0.10     | 0.56      | 1.28     | .207            |
| <b>Gs3</b>            | -0.15    | 0.48      | -2.09    | <b>.042</b>     |
| <b>Ab1</b>            | 0.02     | 0.14      | 1.00     | .322            |
| <b>Ab2</b>            | 0.27     | 1.19      | 1.58     | .121            |
| <b>Ab3</b>            | -0.01    | 0.36      | -0.20    | .844            |
| <b>Fb1</b>            | 2.81     | 5.25      | 3.71     | <b>.001</b>     |
| <b>Fb2</b>            | 0.02     | 0.10      | 1.43     | .159            |
| <b>Fb4</b>            | -0.20    | 0.66      | -2.08    | <b>.043</b>     |
| <b>Si1</b>            | 0.07     | 0.36      | 1.41     | .164            |
| <b>Si2</b>            | -0.01    | 0.39      | -0.18    | .855            |
| <b>Si3</b>            | -0.01    | 0.07      | -1.00    | .322            |
| <b>Gf2</b>            | -0.04    | 0.42      | -0.68    | .498            |
| <b>Koll</b>           | 0.19     | 0.70      | 1.84     | <b>.071</b>     |
| <b>Ko1</b>            | -0.11    | 0.87      | -0.91    | .366            |
| <b>Nav</b>            | -0.10    | 0.37      | -1.94    | <b>.058</b>     |
| <b>Zeitl./ Überh.</b> | 0.77     | 0.97      | 5.49     | <b>&lt;.001</b> |
| <b>Zeitlücken</b>     | 0.25     | 0.64      | 2.72     | <b>.009</b>     |
| <b>Überholen</b>      | 0.52     | 0.68      | 5.28     | <b>&lt;.001</b> |

Anmerkungen. Positive Werte bedeuten eine längere Fahrdauer in der Fahrt ohne Zeitdruck bzw. eine höhere Fehlerzahl und ein häufigeres Nutzen von Überholmöglichkeiten und Zeitlücken in der Fahrt mit Zeitdruck. Die Fehlerkategorie Fb3 ist in beiden Strecken nicht aufgetreten und wurde somit nicht analysiert. Aufgrund ihrer Verteilung wurden die Fehlerkategorien Gs3, Ab1, Fb2, Fb4, Si3 und Nav auch nonparametrisch (Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben) untersucht, hier resultierten nahezu die gleichen p-Werte wie bei den entsprechenden t-Tests, so dass diese nicht dargestellt wurden.

#### 8.4.6.1.2.2 Prüfung der Wirkung des Zeitdrucks in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale

Um zu prüfen, ob der Zeitdruck auf die verschiedenen Versuchsgruppen unterschiedlich wirkte, wurden die Differenzen der Fahrdauer, der Gesamtfehlerzahl und der Fehlerzahlen in den verschiedenen Kategorien varianzanalytisch getestet. Dabei wurden - um Effekte bedingt durch multiples Testen zu vermeiden - nur die Fehlerkategorien herangezogen, für die eine statistisch bedeutsame Wirkung der Instruktion in der gesamten Stichprobe nachgewiesen worden war (geschlossene Testprozedur; vgl. Tabelle 8.4-11; die Ergebnistafeln dieser Varianzanalysen finden sich in Tabelle 34 in Anhang 1.3.1.5).<sup>45, 46</sup> Zusätzlich wurden entsprechende Post-Hoc-Tests sowie verschiedene Analysen getrennt für die Fahrten mit und ohne

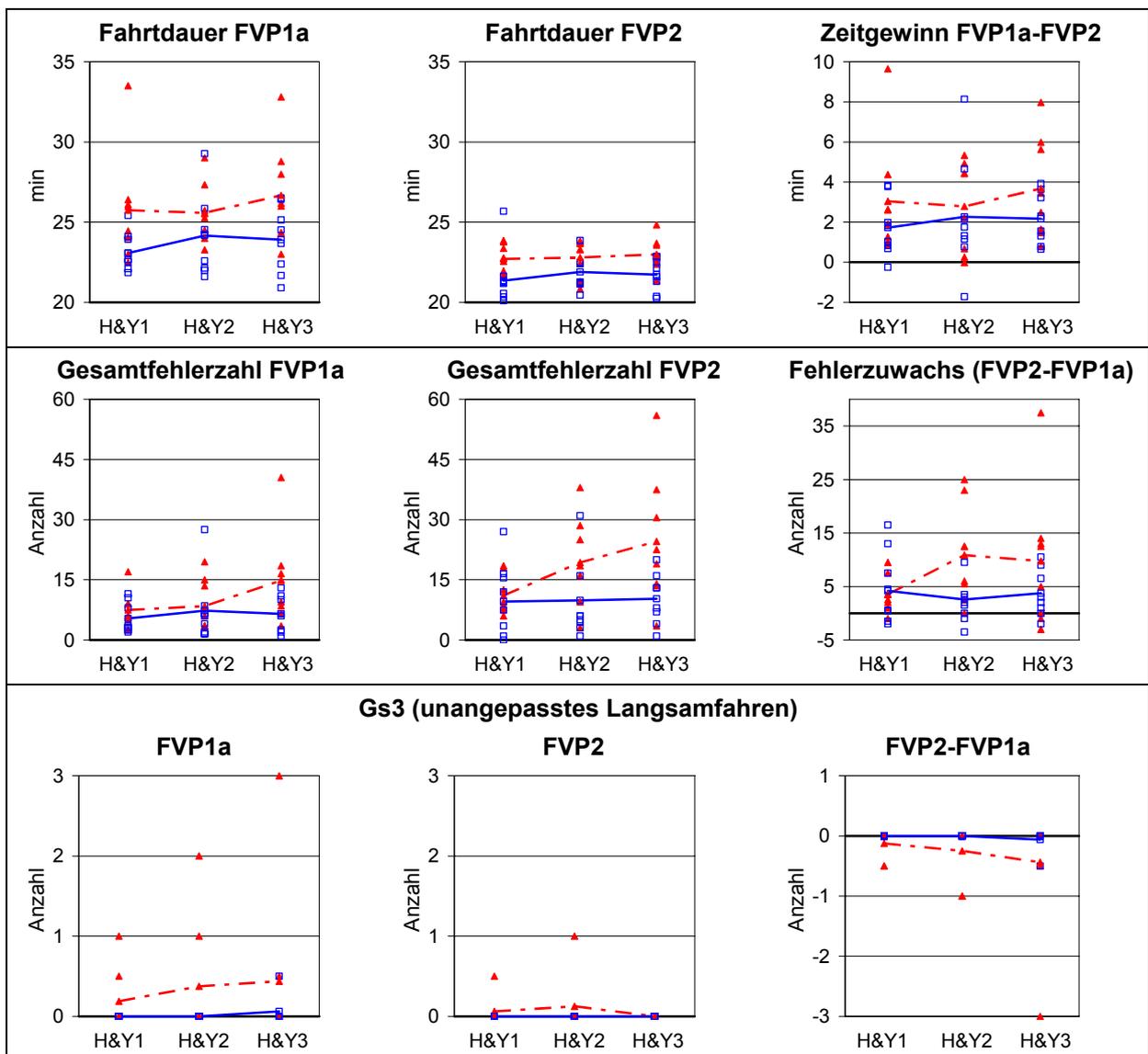
<sup>45</sup> Die Analysen für die übrigen Fehlerkategorien wurden zwar zur Kontrolle dennoch durchgeführt, ergaben aber durchwegs keine Signifikanzen.

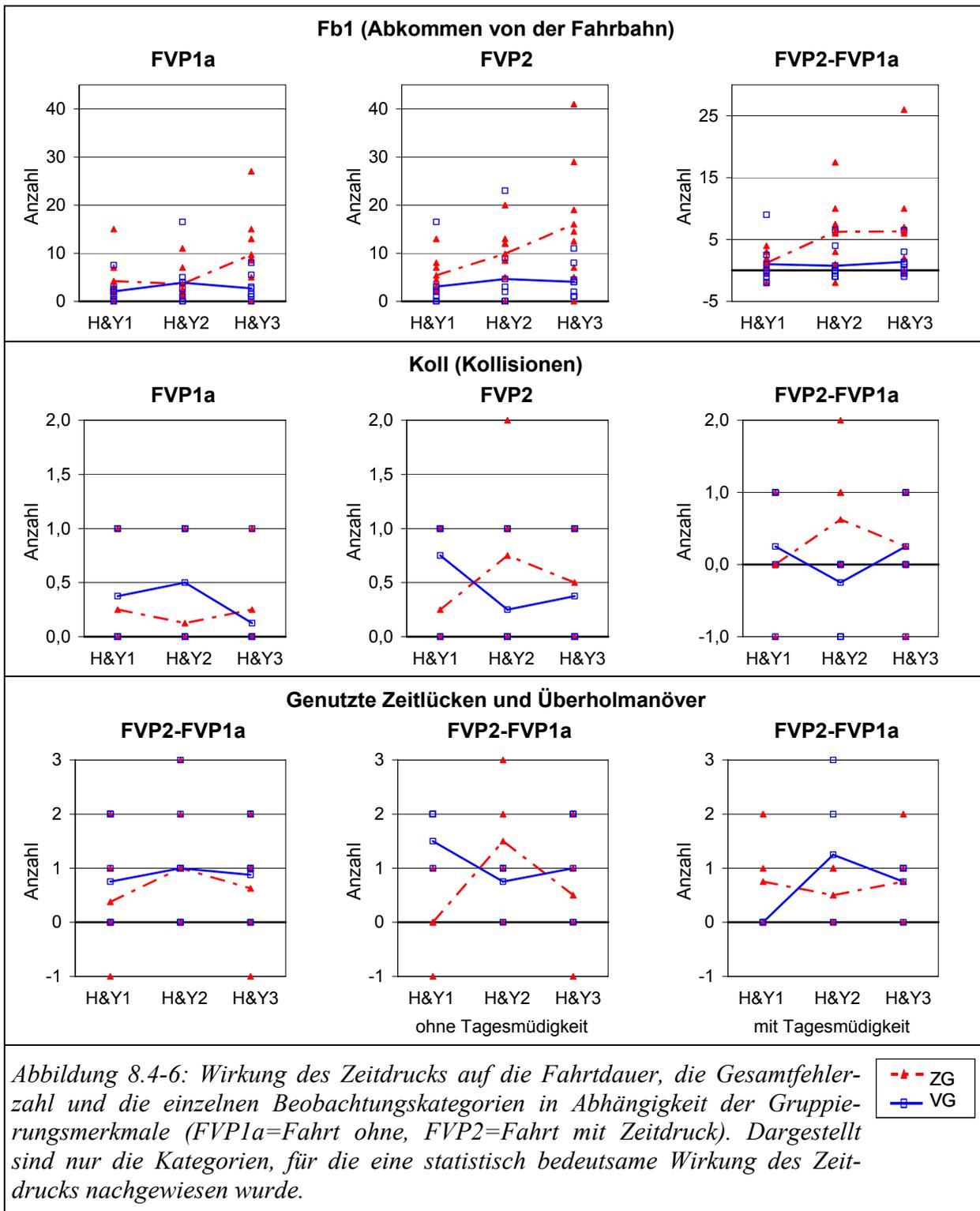
<sup>46</sup> Die Fehlerkategorien Gs3, Fb4 und Nav wurden aufgrund ihrer Verteilung auch kategorisiert/ dichotomisiert und nonparametrisch (Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln) auf Unterschiede zwischen den Gruppen untersucht. Diese Analysen führten aber zu den gleichen Befunden, so dass auf deren Darstellung verzichtet wurde.

Zeitdruck durchgeführt, die hier aus Platzgründen nicht im Detail dargestellt werden sollen. Die Befunde lassen sich wie folgt zusammenfassen (s. auch Abbildung 8.4-6):

- Der *Zeitgewinn* war in der ZG signifikant höher als in der VG (ZG:  $M=3.17\text{min}$ ,  $SD=2.50\text{min}$  vs. VG:  $M=2.05\text{min}$ ,  $SD=1.96\text{min}$ ; Haupteffekt *PD*:  $p=.033$ ), wobei die Fahrtdauer in beiden Gruppen hochsignifikant abnahm (ordinale Interaktion *PD* x *Instruktion*: t-Tests für abhängige Stichproben getrennt für ZG und VG ergaben jeweils einen p-Wert von  $<.001$ ). Dennoch fuhr die ZG auch unter Zeitdruck noch signifikant langsamer als die VG (separate Varianzanalysen ergaben sowohl für die FVP1a als auch für die FVP2 jeweils ein  $p=.001$  für den Haupteffekt *PD*).
- Der *Gesamtfehlerzuwachs* war bei der ZG tendenziell höher als bei der VG (ZG:  $M=8.06$ ,  $SD=9.61$  vs. VG:  $M=3.50$ ,  $SD=5.16$ ; Haupteffekt *PD*:  $p=.068$ ), wobei aber wiederum bei beiden Gruppen ein signifikanter Fehlerzuwachs zu beobachten war (ordinale Interaktion *PD* x *Instruktion*: t-Tests für abhängige Stichproben getrennt für ZG und VG ergaben einen p-Wert von  $<.001$  für die ZG sowie einen p-Wert von  $.003$  für die VG). Eine getrennte Analyse der Bedingungen FVP1a und FVP2 zeigte, dass der in FVP1a nur tendenzielle Unterschied zwischen ZG und VG unter Zeitdruck signifikant wurde ( $p=.064$  vs.  $p=.021$ ). D.h. eine deutlich schlechtere Leistung der Patienten war eigentlich erst unter Zeitdruck nachzuweisen.
- Dabei war der höhere Fehlerzuwachs der ZG v.a. durch eine stärkere Verschlechterung der *Querführung (Fb1)* zu erklären (Haupteffekt *PD*:  $p=.029$ ). So nahmen Fehler wegen Abkommens von der Fahrbahn bei der ZG hochsignifikant, bei der VG nur tendenziell zu (ZG:  $M=4.58$ ,  $SD=6.46$  vs. VG:  $M=1.04$ ,  $SD=2.85$ ; ordinale Interaktion *PD* x *Instruktion*: t-Tests für abhängige Stichproben getrennt für ZG und VG ergaben einen p-Wert von  $.002$  für die ZG und einen p-Wert von  $.086$  für die VG). Bei einer getrennten Analyse der Fahrten im Hinblick auf die Fehlerkategorie Fb1 verfehlte der Befund, dass die Patienten in der Bedingung ohne Zeitdruck erst ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 3 (analog zu den Befunden der FVP1, s. Abschnitt 8.4.6.1.1) häufiger von der Fahrbahn abkamen als ihre VG, knapp eine Tendenz (Haupteffekt *PD*:  $p=.041$ , Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.107$ ). Unter Zeitdruck erwies sich die ZG der VG diesbezüglich aber unabhängig vom Schweregrad als unterlegen (Haupteffekt *PD*:  $p=.007$ , Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.200$ ).
- Der sich in Abbildung 8.4-6 deskriptiv abzeichnende Befund, dass sich der Zeitdruck insbesondere bei Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 negativ auf *Gesamtfehlerzahl und Spurhaltung (Fb1)* auswirkte, erreichte kein statistisch bedeutsames Niveau (Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.297$  beim Zuwachs der Gesamtfehlerzahl bzw.  $p=.305$  beim Zuwachs der Fb1-Fehler). Dennoch wird deskriptiv deutlich, dass die Patienten des Stadiums 2 ohne Zeitdruck eher mit den Patienten des Stadiums 1, mit Zeitdruck aber eher mit den Patienten des Stadiums 3 vergleichbar waren.
- *Stark verlangsamtes Fahren (Gs3)* nahm eigentlich nur in der ZG ab, da dieses in der VG schon ohne Zeitdruck nur bei einer Testfahrerin, unter Zeitdruck gar nicht mehr auftrat (Haupteffekt *PD*:  $p=.094$ ). So ergab sich in der VG keine bedeutsame Veränderung durch den Zeitdruck (t-Tests für abhängige Stichproben getrennt für ZG und VG ergaben einen p-Wert von  $.056$  für die ZG sowie einen p-Wert von  $.328$  für die VG). Die ZG unterschied sich diesbezüglich also nur in der Fahrt ohne Zeitdruck von der VG (Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln:  $p=.097$  für FVP1a vs.  $p=.489$  für FVP2).

- Die Zunahme an *Kollisionen* schien insbesondere die Patienten im Hoehn & Jahr-Stadium 2 zu betreffen (Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.051$ , nachgeschobene t-Tests für abhängige Stichproben zur Prüfung der Unterschiede zur jeweiligen VG: Hoehn & Jahr 1:  $p=.451$ , Hoehn & Jahr 2:  $p=.021$ , Hoehn & Jahr 3:  $p=1.000$ ).  
Bei einer getrennten Betrachtung der Fahrten unterschieden sich die Patienten des Stadiums 2 aber weder in der FVP1a noch in der FVP2 in statistisch bedeutsamer Weise von ihrer VG. Dies ist dadurch zu erklären, dass die VG zur ZG Hoehn & Jahr 2 schon in FVP1a relativ häufig mit dem „Wilden Bremser“ kollidierte und bei ihr wohl deswegen kein statistisch bedeutsamer Anstieg durch den Zeitdruck zu beobachten war. Anders als in allen übrigen Versuchsgruppen nahmen Kollisionen in dieser Gruppe deskriptiv sogar ab (Abbildung 8.4-6).
- Letztlich unterschied sich die ZG Hoehn & Jahr 1 ohne Tagesmüdigkeit dadurch von ihrer VG (und auch von den übrigen Versuchsgruppen), dass sie die Anzahl genutzter Zeitlücken und Überholmanöver bei Zeitdruck nicht erhöhte (Interaktion *PD* x *Schwere* x *Tagesmüdigkeit*:  $p=.045$ ).





#### 8.4.6.1.2.3 Zusammenfassung zur Wirkung des Zeitdrucks

Tabelle 8.4-12 fasst die Wirkung der Instruktion auf die verschiedenen Versuchsgruppen im Hinblick auf die Fahrtdauer, die Gesamtfehlerzahl und die Fehlerzahl in den einzelnen Kategorien zusammen.

Zur Wirkung der Kompensationserschwerung durch Zeitdruck lassen sich demnach die folgenden Aussagen festhalten:

- Die Instruktion erwies sich als erfolgreich, die Fahrtdauer nahm in der gesamten Stichprobe ab.
- Insgesamt bewirkte der Zeitdruck eine Zunahme an Fahrfehlern, insbesondere wegen überhöhter Geschwindigkeit (Gs1) und Abkommens von der Fahrbahn (Fb1). Auch Kollisionen nahmen insgesamt zu, was wohl dadurch vermittelt wurde, dass nun mehr Fahrer den „Wilden Bremser“ erreichten. Dies betraf v.a. Patienten im Hoehn & Jahr-Stadium 2. Fehler wegen Befahrens unzulässiger Fahrbahnen (Fb4) und Navigationsfehler traten in der Fahrt mit Zeitdruck dagegen seltener auf, was möglicherweise als Übungseffekt zu erklären ist.<sup>47</sup> Zeitlücken und Überholmöglichkeiten wurden nun häufiger in Anspruch genommen.
- Zusätzlich gab es Unterschiede in der Wirkung des Zeitdrucks zwischen ZG und VG: Der höhere Zeitgewinn der ZG (die dennoch nicht das Niveau der VG erreichte) war auch mit einem höheren Fehlerzuwachs verbunden, v.a. litt die Spurhaltung (Fb1) der Patienten unter dem Zeitdruck. Die Neigung der Patienten zu einer stark verlangsamten Fahrweise (Gs3) konnte durch den Zeitdruck verhindert werden.
- Im Hinblick auf die Krankheitsschwere zeigte sich zumindest deskriptiv, dass die Patienten des Hoehn & Jahr-Stadiums 2 hinsichtlich der Gesamtfehlerzahl und der Anzahl von Fb1-Fehlern ohne Zeitdruck eher mit den Patienten im Stadium 1, mit Zeitdruck dagegen eher mit den Patienten im Stadium 3 vergleichbar waren.

Insgesamt belegten die Analysen damit sowohl den Einsatz als auch eine deutlich positive Wirkung kompensatorischer Bemühungen auf Seiten der Patienten.

---

<sup>47</sup> Ein Beleg dafür, dass es sich bei der Abnahme von Fb4-Fehlern um einen Übungseffekt handelte, findet sich in Abschnitt 8.4.6.2.3.2. So trat der Fb4-Fehler wegen unerlaubten Überholens des „Wilden Bremser“ in der ersten Fahrt häufiger auf. Dies hatten die Testfahrer aber - wie die im Anschluss durchgeführten Interviews zur Fahrt zeigten - im Nachhinein oft selbst bemerkt. So liegt nahe, dass sie in der zweiten Fahrt genauer auf Überholverbotschilder achteten und den „Wilden Bremser“ dann trotz Zeitdruck *seltener* überholten.

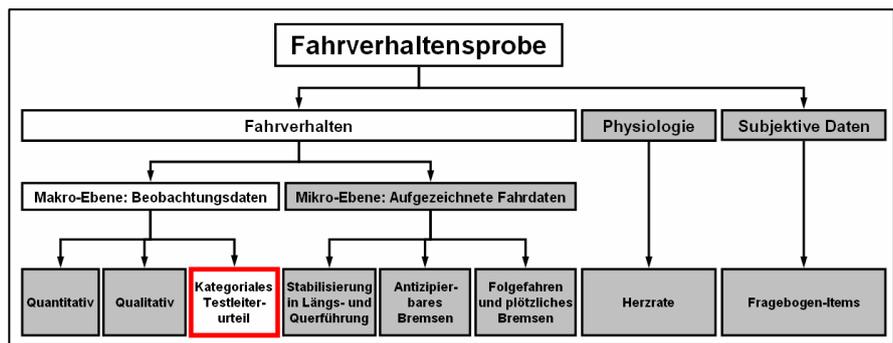
Tabelle 8.4-12: Zusammenfassende Übersicht zur unterschiedlichen Wirkung der Instruktion auf die verschiedenen Versuchsgruppen.

|           | <i>Parameter</i>         | <i>H&amp;Y1</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y1</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>m. TM</i> |
|-----------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>ZG</b> | <b>Dauer</b>             | <<<<                            | <<<<                            | <<<<                            | <<<<                            | <<<<                            | <<<<                            |
|           | <b>Gesamtfehler</b>      | >>>                             | >>>                             | >>>                             | >>>                             | >>>                             | >>>                             |
|           | <b>Gs1</b>               | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|           | <b>Gs3</b>               | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              |
|           | <b>Fb1</b>               | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|           | <b>Fb4</b>               | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              |
|           | <b>Koll</b>              | >                               | >                               | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|           | <b>Nav</b>               | <                               | <                               | <                               | <                               | <                               | <                               |
|           | <b>Zeitl./ Überholen</b> | =                               | >                               | >>>                             | >>                              | >>>                             | >>                              |
| <b>VG</b> | <b>Dauer</b>             | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              |
|           | <b>Gesamtfehler</b>      | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|           | <b>Gs1</b>               | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|           | <b>Gs3</b>               | =                               | =                               | =                               | =                               | =                               | =                               |
|           | <b>Fb1</b>               | >                               | >                               | >                               | >                               | >                               | >                               |
|           | <b>Fb4</b>               | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              |
|           | <b>Koll</b>              | >                               | >                               | =                               | =                               | >>                              | >>                              |
|           | <b>Nav</b>               | <                               | <                               | <                               | <                               | <                               | <                               |
|           | <b>Zeitl./ Überholen</b> | >>>                             | >                               | >>>                             | >>                              | >>>                             | >>                              |

Anmerkung. Zur Definition der Fehlerkategorien s. Text. Dargestellt sind nur diejenigen Parameter, für die eine Wirkung der Instruktion über die gesamte Stichprobe nachgewiesen wurde.

#### 8.4.6.1.3 Abschließendes Testleiterurteil

Insgesamt attestierten die Testleiter vier Patienten nicht unerhebliche und einem Patienten schwerwiegende Auffälligkeiten im Fahrverhalten (s. dazu auch Tabelle 8.4-13). Bei elf Patienten aber auch bei sechs gesunden



Testfahrern wurde das Fahrverhalten als vereinzelt auffällig beurteilt. Die Leistung der übrigen acht Patienten wurde ebenso wie die der verbleibenden 18 gesunden Testfahrer als völlig unauffällig eingestuft. Das Urteil „schwerwiegende Auffälligkeiten“ erhielt ein Patient des Hoehn & Yahr-Stadiums 3 mit Tagesmüdigkeit, der in der Fahrverhaltensprobe als einziger und v.a. mehrfach eingeschlafen war.

Die inferenzstatistische Analyse erfolgte - entsprechend dem allgemeinen Auswertungskonzept - durch Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln mit stufenweiser Schichtung nach den Gruppierungsmerkmalen *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit*, wobei die Kategorien „nicht unerhebliche Auffälligkeiten“ und „schwerwiegende Auffälligkeiten“ zusammengefasst wurden. Es zeigte sich (s. Tabelle 8.4-14 sowie die Tabellen 32 und 33 in Anhang 1.3.1.4), dass die Patienten der Hoehn & Yahr Stadien 2 und 3 sowie die Patienten mit Tagesmüdigkeit gehäuft als auffällig beurteilt wurden.<sup>48</sup> Erwartungsgemäß ließ sich aber der Befund, dass sich im Hoehn & Yahr-Stadium 2 nur zwei Patienten und im Stadium 3 drei Patienten als erheblich auffällig erwiesen, nicht inferenzstatistisch absichern. Gleiches gilt für die drei Patienten mit und die beiden ohne Tagesmüdigkeit.<sup>49</sup> Auffällig war aber dennoch, dass im Hoehn & Yahr-Stadium 1 allenfalls vereinzelte Beeinträchtigungen attestiert wurden, während im Hoehn & Yahr-Stadium 3 kein Patient als völlig unauffällig erachtet wurde. Eine Schichtung nach Tagesmüdigkeit *und* Krankheitsschwere lieferte (sicher aufgrund zu geringer Zellbesetzungen) keine Signifikanzen und wurde daher nicht dargestellt.

<sup>48</sup> H&Y1:  $X^2(2)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ ; H&Y2:  $X^2(2)=6.58$ ,  $p(\text{exakt})=.054$ ; H&Y3:  $X^2(2)=8.50$ ,  $p(\text{exakt})=.019$ ; o. TM:  $X^2(2)=3.73$ ,  $p(\text{exakt})=.203$ ; mit TM:  $6.86$ ,  $p(\text{exakt})=.038$ .

<sup>49</sup> Zusätzliche Chi-Quadrat-Test für Kontingenztafeln, die in Ergänzung zum allgemeinen Auswertungskonzept durchgeführt wurden, ergaben jeweils:  $X^2(1)=0.29$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ .

Tabelle 8.4-13: Testleiterurteil zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten bei der Fahrverhaltensprobe in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit.

|    |            | Auffälligkeiten |             |                    |                |        |
|----|------------|-----------------|-------------|--------------------|----------------|--------|
|    | Subgruppe  | keine           | vereinzelte | nicht unerhebliche | schwerwiegende | gesamt |
| ZG | H&Y1 o. TM | 3               | 1           | 0                  | 0              | 4      |
|    | H&Y1 m. TM | 3               | 1           | 0                  | 0              | 4      |
|    | H&Y2 o. TM | 1               | 2           | 1                  | 0              | 4      |
|    | H&Y2 m. TM | 1               | 2           | 1                  | 0              | 4      |
|    | H&Y3 o. TM | 0               | 3           | 1                  | 0              | 4      |
|    | H&Y3 m. TM | 0               | 2           | 1                  | 1              | 4      |
|    | gesamt     |                 | 8           | 11                 | 4              | 1      |
| VG | H&Y1 o. TM | 2               | 2           |                    |                | 4      |
|    | H&Y1 m. TM | 4               | 0           |                    |                | 4      |
|    | H&Y2 o. TM | 3               | 1           |                    |                | 4      |
|    | H&Y2 m. TM | 4               | 0           |                    |                | 4      |
|    | H&Y3 o. TM | 3               | 1           |                    |                | 4      |
|    | H&Y3 m. TM | 2               | 2           |                    |                | 4      |
|    | gesamt     |                 | 18          | 6                  |                |        |

Tabelle 8.4-14: Testleiterurteil zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten bei der Fahrverhaltensprobe für ZG und VG.

|        |                          | Auffälligkeiten |             |                                       |        |
|--------|--------------------------|-----------------|-------------|---------------------------------------|--------|
| Gruppe |                          | keine           | vereinzelte | nicht unerhebliche/<br>schwerwiegende | gesamt |
| ZG     | Anzahl                   | 8               | 11          | 5                                     | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 13.0            | 8.5         | 2.5                                   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | <b>33.3</b>     | 45.8        | <b>20.8</b>                           | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | <b>-1.4</b>     | .9          | <b>1.6</b>                            |        |
| VG     | Anzahl                   | 18              | 6           | 0                                     | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 13.0            | 8.5         | 2.5                                   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | <b>75.0</b>     | 25.0        | <b>0.0</b>                            | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | <b>1.4</b>      | -.9         | <b>-1.6</b>                           |        |
| gesamt | Anzahl                   | 26              | 17          | 5                                     | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 26.0            | 17.0        | 5.0                                   | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 54.2            | 35.4        | 10.4                                  | 100.0  |

$\chi^2(2)=10.32$ ,  $p(\text{exakt})=.005$ , 2 Zellen (33.3%) haben eine  $e_j < 5$ , die minimale  $e_j$  ist 2.50.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei insgesamt fünf Patienten die Fahrtauglichkeit angezweifelt werden musste. Diese konnten aber weder durch die Krankheitsschwere noch durch die Tagesmüdigkeit zuverlässig bestimmt werden. Insbesondere erwies sich das Hoehn & Yahr-Stadium 3 hier nicht als trennscharfes Kriterium.

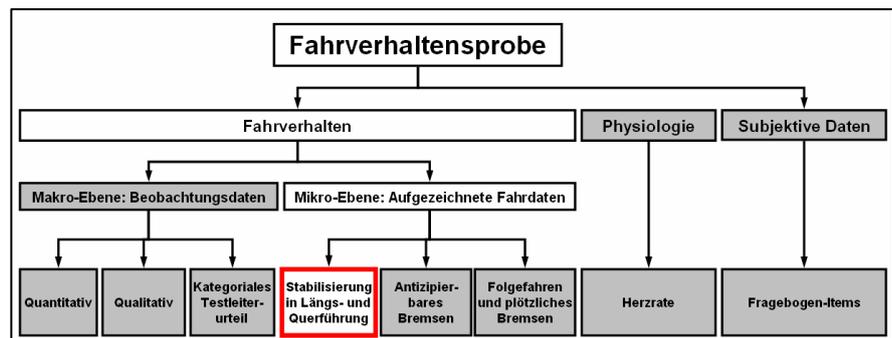
#### 8.4.6.2 Aufgezeichnete Fahrdaten

Die über die Fahrverhaltensbeobachtung gewonnenen Befunde sollten nun - gleichsam einer Analyse auf der Mikro-Ebene - durch die Auswertung der aufgezeichneten Fahrdaten ergänzt werden.

Im Folgenden werden zunächst die Befunde zur Fahrzeugstabilisierung bei Fahraufgaben ohne Fahrmanöver, anschließend die Ergebnisse zum Annäherungsverhalten an ein Hindernis am Fahrbahnrand und zum Folgefahren bei einem plötzlichen Bremsmanöver des Führungsfahrzeugs („Wilder Bremsler“) berichtet.

##### 8.4.6.2.1 Fahrzeugstabilisierung bei Fahraufgaben ohne Fahrmanöver

Die Analysen zu Geschwindigkeit und Spurhaltung sollten die aus der Beobachtung gewonnenen Erkenntnisse zur Fahrdauer, zu Geschwindigkeitsfehlern und zu Fehlern wegen Abkommens von der Fahrbahn ergänzen.



Dazu wurden Mittelwert und Standardabweichung der Geschwindigkeit und die SDLP herangezogen. Da diese Parameter aber stark vom jeweiligen Szenario abhängen, wurden sie - wie bereits erläutert - getrennt für verschiedene Fahraufgaben ohne Fahrmanöver (Freie Fahrt, Scharfe Kurve, Slalom, Engstelle) analysiert.<sup>50</sup>

Bei den im Folgenden dargestellten inferenzstatistischen Auswertungen wurden jeweils zunächst die Bedingungen ohne und mit Zeitdruck getrennt analysiert und die Wirkung des Zeitdrucks insgesamt (über die gesamte Stichprobe) geprüft. Schließlich wurde die Hypothese, dass die Instruktion „Zeitdruck“ in den verschiedenen Gruppen unterschiedlich gewirkt hatte, durch eine Analyse der aus beiden Bedingungen gebildeten Differenzen getestet.

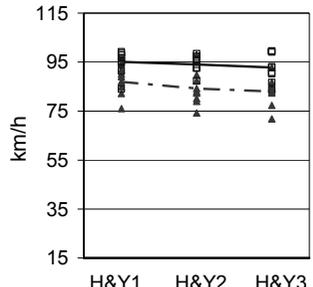
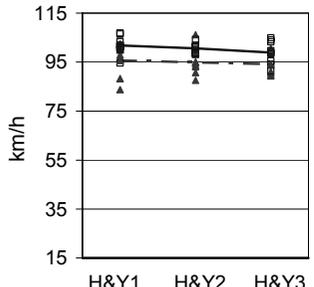
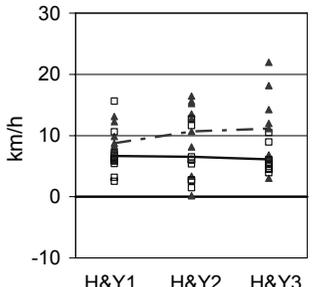
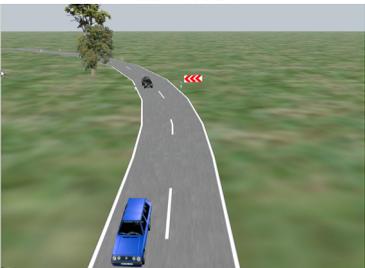
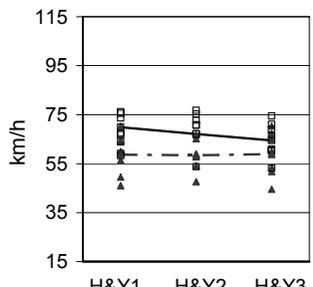
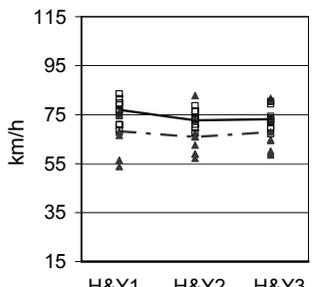
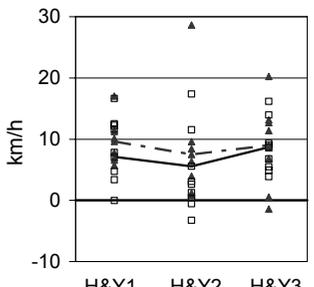
##### 8.4.6.2.1.1 Geschwindigkeit

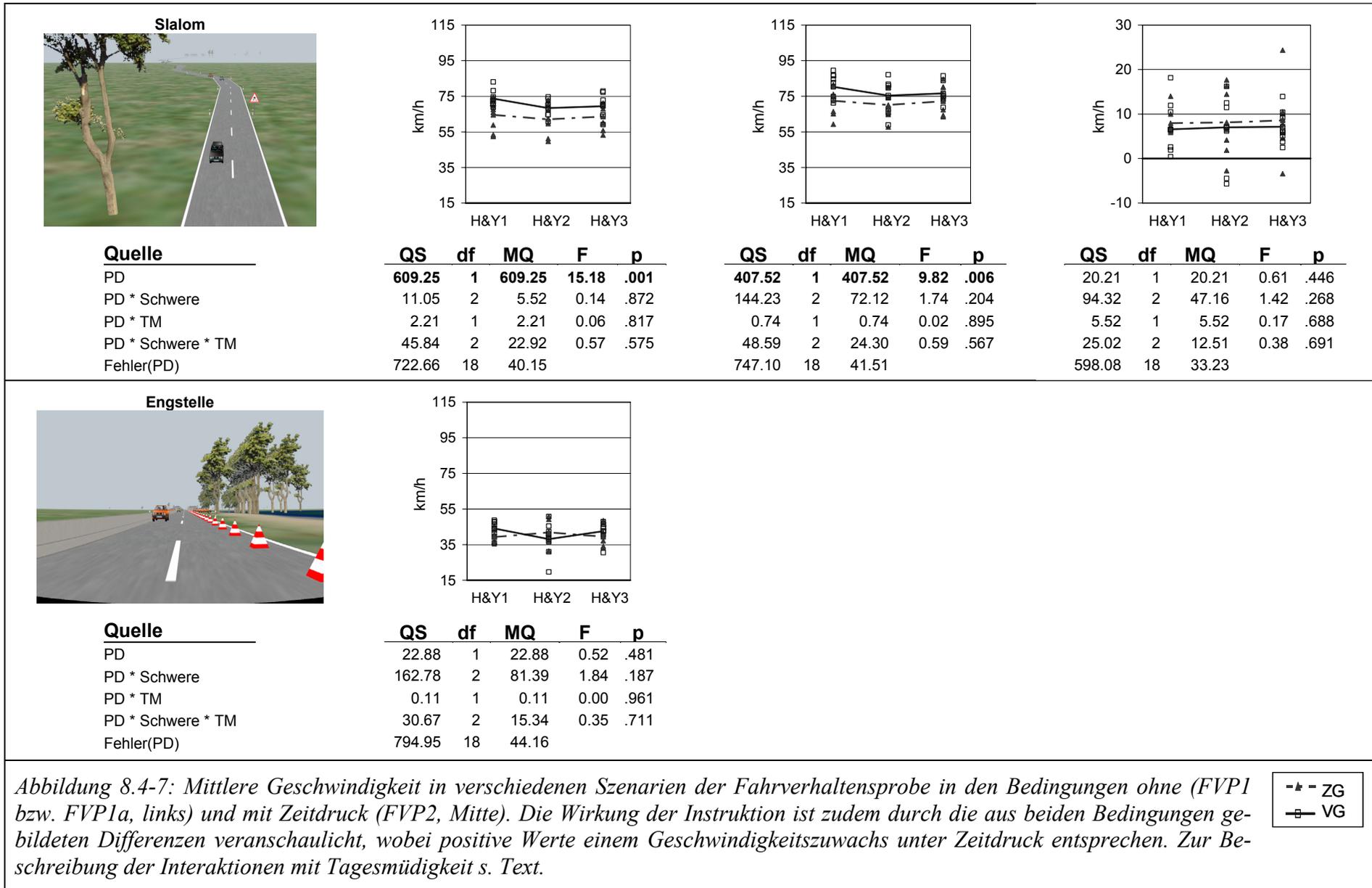
Abbildung 8.4-7 zeigt die Befunde zur mittleren Geschwindigkeit im Überblick.

Zunächst wurde das Szenario „Freie Fahrt“ betrachtet. Hierbei handelte es sich um einen sehr einfachen, 2,7km langen Streckenabschnitt auf einer Landstraße mit sanften Kurven (Krümmung 1/800m) ohne vorausfahrenden Verkehr.

Dabei ergab sich für die Bedingung ohne Zeitdruck, dass die durchschnittliche Geschwindigkeit der ZG mit 84,72km/h (SD=6,44km/h) deutlich geringer war als die der VG, welche die erlaubte Höchstgeschwindigkeit von 100km/h mit einem Mittelwert von 94,00km/h (SD=4,86km/h) fast voll ausfuhr. Dieser Befund ließ sich in einer entsprechenden Varianzanalyse auch auf hochsignifikantem Niveau absichern (Haupteffekt PD:  $p < .001$ ).

<sup>50</sup> Die Gefahr einer Alpha-Inflation bestand hier nicht, da eine signifikante Beeinträchtigung der ZG in der Querregelung (Fehler wegen Abkommens von der Fahrbahn) sowie eine langsamere Fahrweise (Fahrdauer) im Sinne einer geschlossenen Testprozedur bereits durch die Beobachtungsdaten inferenzstatistisch abgesichert worden war (s. Abschnitt 8.4.6.1.1). Gleiches gilt für die Wirkung der Kompensationserschwerung durch Zeitdruck auf Längs- und Querverführung (s. Abschnitt 8.4.6.1.2).

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | FVP1                                                                                | FVP2                                                                                 | Differenz (FVP2-FVP1a)                                                               |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---|----|---------|---|---------|-------|-------|--------------|-------|---|-------|------|------|---------|--------|---|--------|------|------|-------------------|-------|---|-------|------|------|------------|--------|----|-------|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|----|----|---|---|----|--------|---|--------|-------|------|--------------|-------|---|-------|------|------|---------|-------|---|-------|------|------|-------------------|------|---|------|------|------|------------|--------|----|-------|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|----|----|---|---|----|--------|---|--------|------|------|--------------|-------|---|------|------|------|---------|-------|---|-------|------|------|-------------------|-------|---|-------|------|------|------------|--------|----|-------|--|--|
| <p><b>Freie Fahrt</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |   |   |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| <p><b>Quelle</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>1032.01</td> <td>1</td> <td>1032.01</td> <td>55.66</td> <td>&lt;.001</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>6.61</td> <td>2</td> <td>3.30</td> <td>0.18</td> <td>.838</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>157.36</td> <td>1</td> <td>157.36</td> <td>8.49</td> <td>.009</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>44.47</td> <td>2</td> <td>22.24</td> <td>1.20</td> <td>.324</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>601.37</td> <td>18</td> <td>33.41</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                     | QS                                                                                   | df                                                                                   | MQ    | F     | p | PD | 1032.01 | 1 | 1032.01 | 55.66 | <.001 | PD * Schwere | 6.61  | 2 | 3.30  | 0.18 | .838 | PD * TM | 157.36 | 1 | 157.36 | 8.49 | .009 | PD * Schwere * TM | 44.47 | 2 | 22.24 | 1.20 | .324 | Fehler(PD) | 601.37 | 18 | 33.41 |  |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>366.05</td> <td>1</td> <td>366.05</td> <td>10.96</td> <td>.004</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>3.82</td> <td>2</td> <td>1.91</td> <td>0.06</td> <td>.945</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>15.72</td> <td>1</td> <td>15.72</td> <td>0.47</td> <td>.501</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>4.02</td> <td>2</td> <td>2.01</td> <td>0.06</td> <td>.942</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>333.75</td> <td>18</td> <td>18.54</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>   |  | QS | df | MQ | F | p | PD | 366.05 | 1 | 366.05 | 10.96 | .004 | PD * Schwere | 3.82  | 2 | 1.91  | 0.06 | .945 | PD * TM | 15.72 | 1 | 15.72 | 0.47 | .501 | PD * Schwere * TM | 4.02 | 2 | 2.01 | 0.06 | .942 | Fehler(PD) | 333.75 | 18 | 18.54 |  |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>168.81</td> <td>1</td> <td>168.81</td> <td>9.01</td> <td>.008</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>17.92</td> <td>2</td> <td>8.96</td> <td>0.48</td> <td>.628</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>73.61</td> <td>1</td> <td>73.61</td> <td>3.93</td> <td>.063</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>75.14</td> <td>2</td> <td>37.57</td> <td>2.01</td> <td>.164</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>337.20</td> <td>18</td> <td>18.73</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |  | QS | df | MQ | F | p | PD | 168.81 | 1 | 168.81 | 9.01 | .008 | PD * Schwere | 17.92 | 2 | 8.96 | 0.48 | .628 | PD * TM | 73.61 | 1 | 73.61 | 3.93 | .063 | PD * Schwere * TM | 75.14 | 2 | 37.57 | 2.01 | .164 | Fehler(PD) | 337.20 | 18 | 18.73 |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1032.01                                                                             | 1                                                                                    | 1032.01                                                                              | 55.66 | <.001 |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6.61                                                                                | 2                                                                                    | 3.30                                                                                 | 0.18  | .838  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 157.36                                                                              | 1                                                                                    | 157.36                                                                               | 8.49  | .009  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 44.47                                                                               | 2                                                                                    | 22.24                                                                                | 1.20  | .324  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 601.37                                                                              | 18                                                                                   | 33.41                                                                                |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 366.05                                                                              | 1                                                                                    | 366.05                                                                               | 10.96 | .004  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3.82                                                                                | 2                                                                                    | 1.91                                                                                 | 0.06  | .945  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 15.72                                                                               | 1                                                                                    | 15.72                                                                                | 0.47  | .501  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4.02                                                                                | 2                                                                                    | 2.01                                                                                 | 0.06  | .942  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 333.75                                                                              | 18                                                                                   | 18.54                                                                                |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 168.81                                                                              | 1                                                                                    | 168.81                                                                               | 9.01  | .008  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 17.92                                                                               | 2                                                                                    | 8.96                                                                                 | 0.48  | .628  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 73.61                                                                               | 1                                                                                    | 73.61                                                                                | 3.93  | .063  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 75.14                                                                               | 2                                                                                    | 37.57                                                                                | 2.01  | .164  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 337.20                                                                              | 18                                                                                   | 18.73                                                                                |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| <p><b>Scharfe Kurve</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |  |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| <p><b>Quelle</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>870.54</td> <td>1</td> <td>870.54</td> <td>18.11</td> <td>&lt;.001</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>64.11</td> <td>2</td> <td>32.06</td> <td>0.67</td> <td>.526</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>5.01</td> <td>1</td> <td>5.01</td> <td>0.10</td> <td>.751</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>4.12</td> <td>2</td> <td>2.06</td> <td>0.04</td> <td>.958</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>865.21</td> <td>18</td> <td>48.07</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>       |                                                                                     | QS                                                                                   | df                                                                                   | MQ    | F     | p | PD | 870.54  | 1 | 870.54  | 18.11 | <.001 | PD * Schwere | 64.11 | 2 | 32.06 | 0.67 | .526 | PD * TM | 5.01   | 1 | 5.01   | 0.10 | .751 | PD * Schwere * TM | 4.12  | 2 | 2.06  | 0.04 | .958 | Fehler(PD) | 865.21 | 18 | 48.07 |  |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>577.82</td> <td>1</td> <td>577.82</td> <td>10.42</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>23.96</td> <td>2</td> <td>11.98</td> <td>0.22</td> <td>.808</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>15.98</td> <td>1</td> <td>15.98</td> <td>0.29</td> <td>.598</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>7.99</td> <td>2</td> <td>4.00</td> <td>0.07</td> <td>.931</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>997.76</td> <td>18</td> <td>55.43</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |  | QS | df | MQ | F | p | PD | 577.82 | 1 | 577.82 | 10.42 | .005 | PD * Schwere | 23.96 | 2 | 11.98 | 0.22 | .808 | PD * TM | 15.98 | 1 | 15.98 | 0.29 | .598 | PD * Schwere * TM | 7.99 | 2 | 4.00 | 0.07 | .931 | Fehler(PD) | 997.76 | 18 | 55.43 |  |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>29.89</td> <td>1</td> <td>29.89</td> <td>1.33</td> <td>.263</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>10.37</td> <td>2</td> <td>5.19</td> <td>0.23</td> <td>.796</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>3.10</td> <td>1</td> <td>3.10</td> <td>0.14</td> <td>.714</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>20.96</td> <td>2</td> <td>10.48</td> <td>0.47</td> <td>.634</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>403.30</td> <td>18</td> <td>22.41</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>     |  | QS | df | MQ | F | p | PD | 29.89  | 1 | 29.89  | 1.33 | .263 | PD * Schwere | 10.37 | 2 | 5.19 | 0.23 | .796 | PD * TM | 3.10  | 1 | 3.10  | 0.14 | .714 | PD * Schwere * TM | 20.96 | 2 | 10.48 | 0.47 | .634 | Fehler(PD) | 403.30 | 18 | 22.41 |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 870.54                                                                              | 1                                                                                    | 870.54                                                                               | 18.11 | <.001 |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 64.11                                                                               | 2                                                                                    | 32.06                                                                                | 0.67  | .526  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5.01                                                                                | 1                                                                                    | 5.01                                                                                 | 0.10  | .751  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4.12                                                                                | 2                                                                                    | 2.06                                                                                 | 0.04  | .958  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 865.21                                                                              | 18                                                                                   | 48.07                                                                                |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 577.82                                                                              | 1                                                                                    | 577.82                                                                               | 10.42 | .005  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 23.96                                                                               | 2                                                                                    | 11.98                                                                                | 0.22  | .808  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 15.98                                                                               | 1                                                                                    | 15.98                                                                                | 0.29  | .598  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 7.99                                                                                | 2                                                                                    | 4.00                                                                                 | 0.07  | .931  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 997.76                                                                              | 18                                                                                   | 55.43                                                                                |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 29.89                                                                               | 1                                                                                    | 29.89                                                                                | 1.33  | .263  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 10.37                                                                               | 2                                                                                    | 5.19                                                                                 | 0.23  | .796  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3.10                                                                                | 1                                                                                    | 3.10                                                                                 | 0.14  | .714  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 20.96                                                                               | 2                                                                                    | 10.48                                                                                | 0.47  | .634  |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 403.30                                                                              | 18                                                                                   | 22.41                                                                                |       |       |   |    |         |   |         |       |       |              |       |   |       |      |      |         |        |   |        |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |       |      |              |       |   |       |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |        |    |       |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |    |    |    |   |   |    |        |   |        |      |      |              |       |   |      |      |      |         |       |   |       |      |      |                   |       |   |       |      |      |            |        |    |       |  |  |



Zusätzlich resultierte hier eine hochsignifikante Interaktion *PD* x *Tagesmüdigkeit* ( $p=.009$ ), die sich entsprechend nachgeschobener Post-Hoc-Tests als ordinal erwies (ohne Tagesmüdigkeit:  $t=-7.00$ ,  $p=<.001$ ; mit Tagesmüdigkeit:  $t=-3.64$ ,  $p=.004$ ): So fuhren insbesondere die Patienten ohne Tagesmüdigkeit langsamer als ihre zugehörige VG (ohne Tagesmüdigkeit: ZG:  $M=82.88\text{km/h}$ ,  $SD=6.82\text{km/h}$  vs. VG:  $M=95.78\text{km/h}$ ,  $SD=3.82\text{km/h}$ ; mit Tagesmüdigkeit: ZG:  $M=86.56\text{km/h}$ ,  $SD=5.73\text{km/h}$  vs. VG:  $M=92.21\text{km/h}$ ,  $SD=5.28\text{km/h}$ ).

Der Unterschied zwischen ZG und VG blieb auch unter Zeitdruck bestehen, noch immer fuhren die Patienten hochsignifikant langsamer als die gesunden Testfahrer (Haupteffekt *PD*:  $p=.004$ ). Nur Letztere fuhren nun die erlaubten  $100\text{km/h}$  voll aus (ZG:  $M=94.92\text{km/h}$ ,  $SD=5.38\text{km/h}$  vs. VG:  $M=100.44\text{km/h}$ ,  $SD=3.88\text{km/h}$ .) Die Interaktion mit der Tagesmüdigkeit ließ nicht mehr nachweisen.

Dass der Abschnitt „Freie Fahrt“ unter Zeitdruck hochsignifikant schneller durchfahren wurde, bestätigte auch der entsprechende t-Test für abhängige Stichproben ( $t=11.89$ ,  $p=<.001$ ). Wie schon anhand der Gesamtdauer der Fahrt (s. Abschnitt 8.4.6.1.1.1), konnte also auch hier i.S. eines Manipulation Checks nachgewiesen werden, dass die Instruktion gewirkt hatte (FVP1a:  $M=89.36\text{km/h}$ ,  $SD=7.34$  vs. FVP2:  $M=97.68\text{km/h}$ ,  $SD=5.41$ ).

Die Varianzanalyse zur Prüfung einer unterschiedlichen Wirkung der Instruktion in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale zeigte schließlich, dass die ZG ihre Geschwindigkeit durch den Zeitdruck stärker erhöhte als die VG (Haupteffekt *PD*:  $p=.008$ ; ZG:  $M=10.19\text{km/h}$ ,  $SD=5.30\text{km/h}$  vs. VG:  $M=6.44\text{km/h}$ ,  $SD=3.55\text{km/h}$ ). Dies galt aber - entsprechend einer zumindest tendenziellen disordinalen Interaktion mit der Tagesmüdigkeit - nur für die Patienten ohne Tagesmüdigkeit ( $p=.063$ ; Post-Hoc-Tests: ohne Tagesmüdigkeit:  $t=4.08$ ,  $p=.002$ ; mit Tagesmüdigkeit:  $t=0.62$ ,  $p=.546$ ). Das ist dadurch zu erklären, dass sie in der Fahrt ohne Zeitdruck besonders langsam gefahren waren (s. oben).

Die „scharfe Linkskurve“ war mit einer Krümmung von  $1/150\text{m}$  auf einem  $1.1\text{km}$  langen Streckenabschnitt deutlich schwerer zu durchfahren als die „Freie Fahrt“. Insgesamt resultierten aber nahezu die gleichen Effekte: Auch hier fuhr die ZG unter beiden Bedingungen hochsignifikant langsamer als die VG (FVP1a:  $p=<.001$ , ZG:  $M=58.64\text{km/h}$ ,  $SD=7.30\text{km/h}$  vs. VG:  $M=67.16\text{km/h}$ ,  $SD=7.05\text{km/h}$ ; FVP2:  $p=.005$ , ZG:  $M=67.34\text{km/h}$ ,  $SD=8.65\text{km/h}$  vs. VG:  $M=74.28\text{km/h}$ ,  $SD=4.74\text{km/h}$ ). Ebenso konnte die Wirkung der Instruktion anhand des entsprechenden t-Tests für abhängige Stichproben inferenzstatistisch abgesichert werden ( $t=8.66$ ,  $p=<.001$ ; FVP1a:  $M=62.90\text{km/h}$ ,  $SD=8.30\text{km/h}$  vs. FVP2:  $M=70.81\text{km/h}$ ,  $SD=7.74\text{km/h}$ ). Der Zeitdruck erhöhte die Geschwindigkeit hier aber für alle Versuchsgruppen in gleichem Maße, da sich der Geschwindigkeitszuwachs als von den Gruppierungsmerkmalen unabhängig erwies (Haupteffekt *PD*:  $p=.263$ ).

Insgesamt ist zudem festzuhalten, dass beide Gruppen ihre Geschwindigkeit an die erhöhte Schwierigkeit der „Scharfen Kurve“ anpassten und hier deutlich langsamer fuhren als in der „Freien Fahrt“.

Beim Szenario „Slalom“ handelte es sich um mehrere scharfe Links- und Rechtskurven mit gleicher Krümmung wie die „Scharfe Kurve“, wobei auch exakt die gleichen Effekte wie in Letzterer resultierten: So erreichte die ZG die Geschwindigkeit der VG weder in der Bedingung ohne (Haupteffekt *PD*:  $p=.001$ , ZG:  $M=63.39\text{km/h}$ ,  $SD=7.83\text{km/h}$  vs. VG:  $M=70.51\text{km/h}$ ,  $SD=5.76\text{km/h}$ ), noch in der Bedingung mit Zeitdruck (Haupteffekt *PD*:  $p=.006$ , ZG:  $M=71.59\text{km/h}$ ,  $SD=7.63\text{km/h}$  vs. VG:  $M=77.42\text{km/h}$ ,  $SD=7.84\text{km/h}$ ).<sup>51</sup> Wiederum bewirkte der Zeitdruck, dass die Testfahrer ihre Geschwindigkeit unabhängig von ihrer

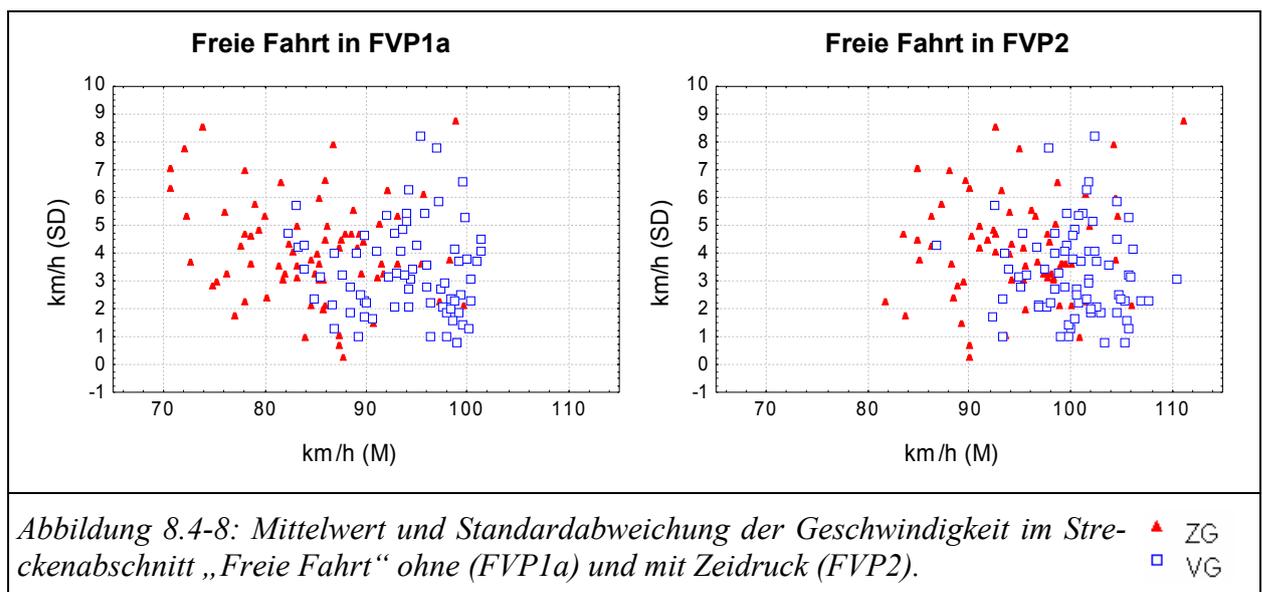
<sup>51</sup> Obwohl der „Slalom“ als schwieriger anzusehen ist als die „Scharfe Kurve“, fuhren die Testfahrer in Ersterem etwas schneller. Dies kann durch das jeweils vorangehende Szenario erklärt werden. Vor der „Scharfen Kurve“ fand ein Rechtsabbiegen statt, dem „Slalom“ ging das Szenario „Freie Fahrt“ voraus. So war die Ausgangsgeschwindigkeit bei der „Scharfen Kurve“ geringer als beim „Slalom“, was dessen Schwierigkeit noch weiter erhöhte.

Gruppenzugehörigkeit hochsignifikant erhöhten ( $t=8.83$ ,  $p<.001$ ; FVP1a:  $M=66.95\text{km/h}$ ,  $SD=7.69\text{km/h}$  vs. FVP2:  $M=74.51\text{km/h}$ ,  $SD=8.20\text{km/h}$ ; Haupteffekt  $PD$ :  $p=.446$ ).

In der „Engstelle“ war die Fahrbahn aufgrund einer Baustelle um 1.05m schmaler als in den übrigen Situationen, was sich insgesamt in einer deutlich verminderten Geschwindigkeit niederschlug ( $M=40.88\text{km/h}$ ,  $SD=6.04\text{km/h}$ ). Dass dabei keine Unterschiede zwischen ZG und VG nachweisbar waren, ist wohl durch einen Deckeneffekt zu erklären. Da die „Engstelle“ nur in der FVP1 enthalten war, konnte ein Einfluss des Zeitdrucks hier nicht überprüft werden.

Alles in allem zeigten die Patienten also sehr deutliche kompensatorische Bemühungen auf taktischer Ebene. Dabei fiel auf, dass in keiner der Analysen bedeutsame Zusammenhänge zur Krankheitsschwere nachweisbar waren. Der Einsatz dieser taktischen Kompensation erwies sich demnach als unabhängig vom Schweregrad der Parkinson-Erkrankung.

Die Analysen zur Standardabweichung der Geschwindigkeit erbrachten insgesamt keine bedeutsamen Befunde, so dass auf eine genauere Darstellung verzichtet wird. Festzuhalten ist, dass die Geschwindigkeit der Patienten nur im Szenario „Freie Fahrt“ stärker variierte als in der VG, wobei dieser Effekt unabhängig vom Zeitdruck war (s. Abbildung 8.4-8). Der Zeitdruck selbst bewirkte in der ZG nur in den Szenarien „Scharfe Kurve“ und „Slalom“ eine höhere Variation der Geschwindigkeit. In der VG konnte dieser Effekt nur für den „Slalom“ bestätigt werden.<sup>52</sup>

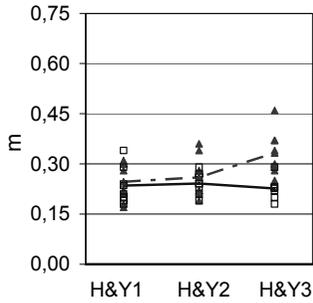
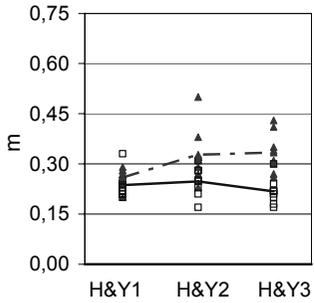
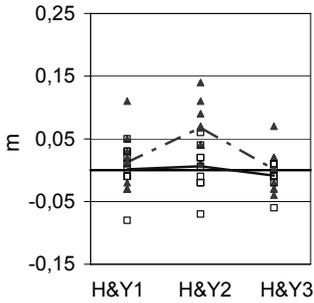
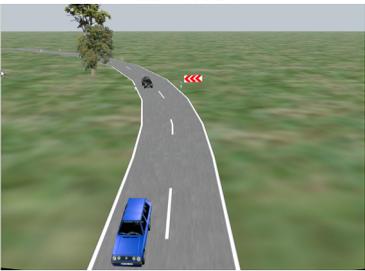
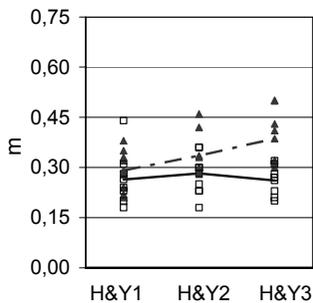
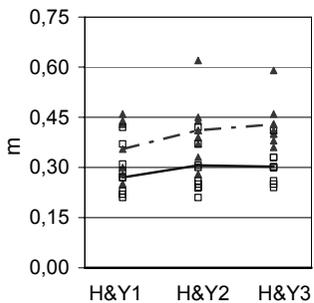
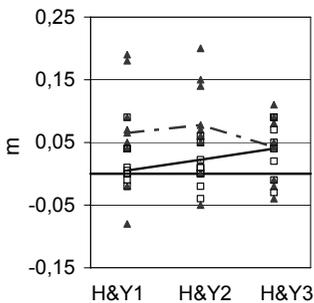


#### 8.4.6.2.1.2 Spurhaltung

Die Güte der Spurhaltung wurde anhand der SDLP beurteilt. Die zugehörigen Analysen zu den einzelnen Szenarien sind in Abbildung 8.4-9 zusammengefasst und veranschaulicht.

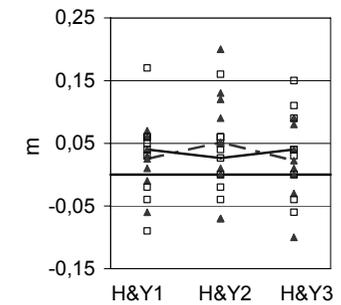
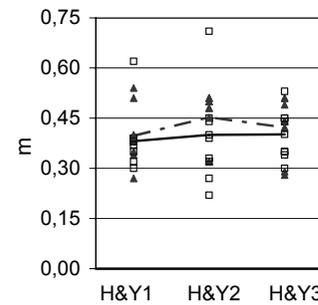
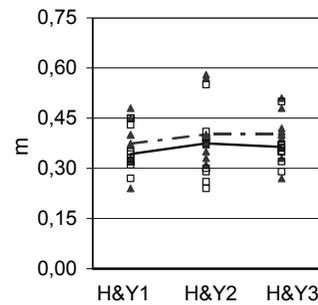
<sup>52</sup> Die zugehörigen inferenzstatistischen Analysen ergaben die folgenden Effekte:

Freie Fahrt: Haupteffekt  $PD$  FVP1a:  $F=30.21$ ,  $p<.001$ ; FVP2:  $F=19.15$ ,  $p<.001$ ; Scharfe Kurve: Haupteffekt  $PD$  über Differenzen:  $F=9.06$ ,  $p<.001$ ; Slalom:  $t=4.56$ ,  $p<.001$ .

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | FVP1                                                                                | FVP2                                                                                 | Differenz (FVP2-FVP1a)                                                               |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---|----|------|---|------|-------|------|--------------|------|---|------|------|------|---------|------|---|------|------|------|-------------------|------|---|------|------|------|------------|------|----|------|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|----|----|---|---|----|------|---|------|-------|-------|--------------|------|---|------|------|------|---------|------|---|------|------|------|-------------------|------|---|------|------|------|------------|------|----|------|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|----|----|---|---|----|------|---|------|------|------|--------------|------|---|------|------|------|---------|------|---|------|------|------|-------------------|------|---|------|------|------|------------|------|----|------|--|--|
| <p><b>Freie Fahrt</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| <p><b>Quelle</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>0.03</td> <td>1</td> <td>0.03</td> <td>8.16</td> <td>.010</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>0.02</td> <td>2</td> <td>0.01</td> <td>3.89</td> <td>.039</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>0.01</td> <td>1</td> <td>0.01</td> <td>1.95</td> <td>.179</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>0.01</td> <td>2</td> <td>0.00</td> <td>1.54</td> <td>.242</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>0.06</td> <td>18</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>  |                                                                                     | QS                                                                                   | df                                                                                   | MQ    | F     | p | PD | 0.03 | 1 | 0.03 | 8.16  | .010 | PD * Schwere | 0.02 | 2 | 0.01 | 3.89 | .039 | PD * TM | 0.01 | 1 | 0.01 | 1.95 | .179 | PD * Schwere * TM | 0.01 | 2 | 0.00 | 1.54 | .242 | Fehler(PD) | 0.06 | 18 | 0.00 |  |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>0.07</td> <td>1</td> <td>0.07</td> <td>22.36</td> <td>&lt;.001</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>0.02</td> <td>2</td> <td>0.01</td> <td>3.04</td> <td>.073</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>0.00</td> <td>1</td> <td>0.00</td> <td>0.04</td> <td>.849</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>0.00</td> <td>2</td> <td>0.00</td> <td>0.16</td> <td>.850</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>0.05</td> <td>18</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |  | QS | df | MQ | F | p | PD | 0.07 | 1 | 0.07 | 22.36 | <.001 | PD * Schwere | 0.02 | 2 | 0.01 | 3.04 | .073 | PD * TM | 0.00 | 1 | 0.00 | 0.04 | .849 | PD * Schwere * TM | 0.00 | 2 | 0.00 | 0.16 | .850 | Fehler(PD) | 0.05 | 18 | 0.00 |  |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>0.01</td> <td>1</td> <td>0.01</td> <td>6.27</td> <td>.022</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>0.01</td> <td>2</td> <td>0.00</td> <td>2.13</td> <td>.148</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>0.00</td> <td>1</td> <td>0.00</td> <td>2.85</td> <td>.109</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>0.00</td> <td>2</td> <td>0.00</td> <td>1.42</td> <td>.268</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>0.03</td> <td>18</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |  | QS | df | MQ | F | p | PD | 0.01 | 1 | 0.01 | 6.27 | .022 | PD * Schwere | 0.01 | 2 | 0.00 | 2.13 | .148 | PD * TM | 0.00 | 1 | 0.00 | 2.85 | .109 | PD * Schwere * TM | 0.00 | 2 | 0.00 | 1.42 | .268 | Fehler(PD) | 0.03 | 18 | 0.00 |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.03                                                                                | 1                                                                                    | 0.03                                                                                 | 8.16  | .010  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.02                                                                                | 2                                                                                    | 0.01                                                                                 | 3.89  | .039  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.01                                                                                | 1                                                                                    | 0.01                                                                                 | 1.95  | .179  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.01                                                                                | 2                                                                                    | 0.00                                                                                 | 1.54  | .242  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0.06                                                                                | 18                                                                                   | 0.00                                                                                 |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.07                                                                                | 1                                                                                    | 0.07                                                                                 | 22.36 | <.001 |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.02                                                                                | 2                                                                                    | 0.01                                                                                 | 3.04  | .073  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.00                                                                                | 1                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.04  | .849  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.00                                                                                | 2                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.16  | .850  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0.05                                                                                | 18                                                                                   | 0.00                                                                                 |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.01                                                                                | 1                                                                                    | 0.01                                                                                 | 6.27  | .022  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.01                                                                                | 2                                                                                    | 0.00                                                                                 | 2.13  | .148  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.00                                                                                | 1                                                                                    | 0.00                                                                                 | 2.85  | .109  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.00                                                                                | 2                                                                                    | 0.00                                                                                 | 1.42  | .268  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0.03                                                                                | 18                                                                                   | 0.00                                                                                 |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| <p><b>Scharfe Kurve</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| <p><b>Quelle</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>0.05</td> <td>1</td> <td>0.05</td> <td>10.54</td> <td>.004</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>0.02</td> <td>2</td> <td>0.01</td> <td>1.90</td> <td>.178</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>0.00</td> <td>1</td> <td>0.00</td> <td>0.56</td> <td>.465</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>0.02</td> <td>2</td> <td>0.01</td> <td>1.48</td> <td>.255</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>0.09</td> <td>18</td> <td>0.01</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                     | QS                                                                                   | df                                                                                   | MQ    | F     | p | PD | 0.05 | 1 | 0.05 | 10.54 | .004 | PD * Schwere | 0.02 | 2 | 0.01 | 1.90 | .178 | PD * TM | 0.00 | 1 | 0.00 | 0.56 | .465 | PD * Schwere * TM | 0.02 | 2 | 0.01 | 1.48 | .255 | Fehler(PD) | 0.09 | 18 | 0.01 |  |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>0.13</td> <td>1</td> <td>0.13</td> <td>27.09</td> <td>&lt;.001</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>0.00</td> <td>2</td> <td>0.00</td> <td>0.31</td> <td>.736</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>0.00</td> <td>1</td> <td>0.00</td> <td>0.22</td> <td>.647</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>0.01</td> <td>2</td> <td>0.00</td> <td>0.67</td> <td>.522</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>0.09</td> <td>18</td> <td>0.00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |  | QS | df | MQ | F | p | PD | 0.13 | 1 | 0.13 | 27.09 | <.001 | PD * Schwere | 0.00 | 2 | 0.00 | 0.31 | .736 | PD * TM | 0.00 | 1 | 0.00 | 0.22 | .647 | PD * Schwere * TM | 0.01 | 2 | 0.00 | 0.67 | .522 | Fehler(PD) | 0.09 | 18 | 0.00 |  |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>QS</th> <th>df</th> <th>MQ</th> <th>F</th> <th>p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PD</td> <td>0.02</td> <td>1</td> <td>0.02</td> <td>3.41</td> <td>.081</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere</td> <td>0.01</td> <td>2</td> <td>0.00</td> <td>0.80</td> <td>.465</td> </tr> <tr> <td>PD * TM</td> <td>0.00</td> <td>1</td> <td>0.00</td> <td>0.09</td> <td>.768</td> </tr> <tr> <td>PD * Schwere * TM</td> <td>0.00</td> <td>2</td> <td>0.00</td> <td>0.22</td> <td>.806</td> </tr> <tr> <td>Fehler(PD)</td> <td>0.09</td> <td>18</td> <td>0.01</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |  | QS | df | MQ | F | p | PD | 0.02 | 1 | 0.02 | 3.41 | .081 | PD * Schwere | 0.01 | 2 | 0.00 | 0.80 | .465 | PD * TM | 0.00 | 1 | 0.00 | 0.09 | .768 | PD * Schwere * TM | 0.00 | 2 | 0.00 | 0.22 | .806 | Fehler(PD) | 0.09 | 18 | 0.01 |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.05                                                                                | 1                                                                                    | 0.05                                                                                 | 10.54 | .004  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.02                                                                                | 2                                                                                    | 0.01                                                                                 | 1.90  | .178  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.00                                                                                | 1                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.56  | .465  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.02                                                                                | 2                                                                                    | 0.01                                                                                 | 1.48  | .255  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0.09                                                                                | 18                                                                                   | 0.01                                                                                 |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.13                                                                                | 1                                                                                    | 0.13                                                                                 | 27.09 | <.001 |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.00                                                                                | 2                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.31  | .736  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.00                                                                                | 1                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.22  | .647  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.01                                                                                | 2                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.67  | .522  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0.09                                                                                | 18                                                                                   | 0.00                                                                                 |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | QS                                                                                  | df                                                                                   | MQ                                                                                   | F     | p     |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.02                                                                                | 1                                                                                    | 0.02                                                                                 | 3.41  | .081  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.01                                                                                | 2                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.80  | .465  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.00                                                                                | 1                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.09  | .768  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| PD * Schwere * TM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.00                                                                                | 2                                                                                    | 0.00                                                                                 | 0.22  | .806  |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |
| Fehler(PD)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0.09                                                                                | 18                                                                                   | 0.01                                                                                 |       |       |   |    |      |   |      |       |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |       |       |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |    |    |    |   |   |    |      |   |      |      |      |              |      |   |      |      |      |         |      |   |      |      |      |                   |      |   |      |      |      |            |      |    |      |  |  |



Slalom



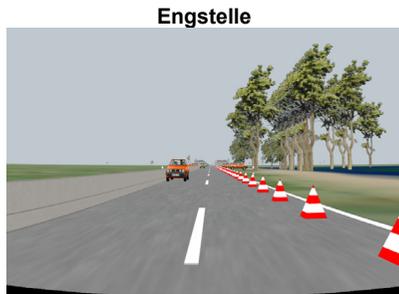
**Quelle**

|                   |
|-------------------|
| PD                |
| PD * Schwere      |
| PD * TM           |
| PD * Schwere * TM |
| Fehler(PD)        |

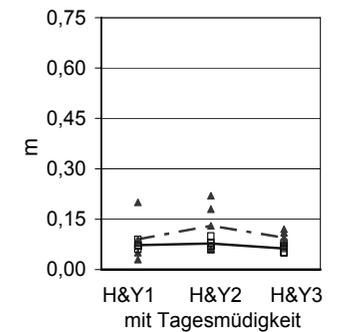
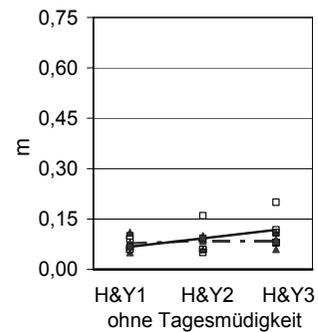
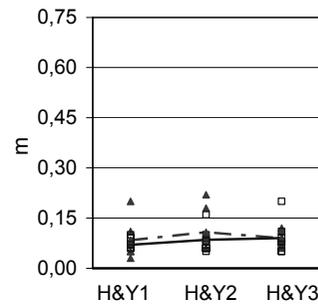
| Quelle            | QS   | df | MQ   | F    | p    |
|-------------------|------|----|------|------|------|
| PD                | 0.01 | 1  | 0.01 | 2.48 | .133 |
| PD * Schwere      | 0.00 | 2  | 0.00 | 0.02 | .983 |
| PD * TM           | 0.00 | 1  | 0.00 | 0.01 | .940 |
| PD * Schwere * TM | 0.00 | 2  | 0.00 | 0.25 | .779 |
| Fehler(PD)        | 0.10 | 18 | 0.01 |      |      |

| Quelle            | QS   | df | MQ   | F    | p    |
|-------------------|------|----|------|------|------|
| PD                | 0.01 | 1  | 0.01 | 1.45 | .245 |
| PD * Schwere      | 0.00 | 2  | 0.00 | 0.19 | .829 |
| PD * TM           | 0.00 | 1  | 0.00 | 0.36 | .556 |
| PD * Schwere * TM | 0.01 | 2  | 0.01 | 0.94 | .408 |
| Fehler(PD)        | 0.14 | 18 | 0.01 |      |      |

| Quelle            | QS   | df | MQ   | F    | p    |
|-------------------|------|----|------|------|------|
| PD                | 0.00 | 1  | 0.00 | 0.02 | .899 |
| PD * Schwere      | 0.00 | 2  | 0.00 | 0.35 | .710 |
| PD * TM           | 0.00 | 1  | 0.00 | 0.36 | .556 |
| PD * Schwere * TM | 0.01 | 2  | 0.00 | 0.44 | .650 |
| Fehler(PD)        | 0.11 | 18 | 0.01 |      |      |



Engstelle

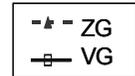


**Quelle**

|                   |
|-------------------|
| PD                |
| PD * Schwere      |
| PD * TM           |
| PD * Schwere * TM |
| Fehler(PD)        |

| Quelle            | QS          | df       | MQ          | F           | p           |
|-------------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| PD                | 0.00        | 1        | 0.00        | 0.99        | .333        |
| PD * Schwere      | 0.00        | 2        | 0.00        | 0.32        | .730        |
| PD * TM           | <b>0.01</b> | <b>1</b> | <b>0.01</b> | <b>3.05</b> | <b>.098</b> |
| PD * Schwere * TM | 0.00        | 2        | 0.00        | 0.40        | .679        |
| Fehler(PD)        | 0.04        | 18       | 0.00        |             |             |

Abbildung 8.4-9: SDLP in verschiedenen Szenarien der Fahrverhaltensprobe in den Bedingungen ohne (FVP1 bzw. FVP1a, links) und mit Zeitdruck (FVP2, Mitte). Die Wirkung der Instruktion ist zudem durch die aus beiden Bedingungen gebildeten Differenzen veranschaulicht, wobei positive Werte einer höheren SDLP bzw. einer schlechteren Spurhaltung unter Zeitdruck entsprechen. Zur Beschreibung der Interaktionen mit Tagesmüdigkeit s. Text.



Für die „Freie Fahrt“ zeigte sich zunächst unter der Bedingung ohne Zeitdruck ein signifikanter Haupteffekt *PD* ( $p=.010$ ): Obwohl die Patienten deutlich langsamer fuhren, war ihre Spurhaltung schlechter als die der gesunden Testfahrer. So betrug die SDLP in der ZG im Mittel 0.28m (SD=0.07m), in der VG dagegen nur 0.23m (SD=0.04m). Allerdings ergab die zugehörige Varianzanalyse auch eine signifikante Interaktion mit dem Schweregrad der Erkrankung ( $p=.039$ ), die sich entsprechend nachgeschobener t-Tests als disordinal erwies und somit die Interpretierbarkeit dieses Haupteffekts einschränkte (Post-Hoc-Tests: Hoehn & Yahr 1:  $t=0.30$ ,  $p=.771$ ; Hoehn & Yahr 2:  $t=0.69$ ,  $p=.515$ ; Hoehn & Yahr 3:  $t=4.29$ ,  $p=.004$ ): Tatsächlich war die SDLP nur im Hoehn & Yahr-Stadium 3 signifikant höher als in ihrer VG (ZG Hoehn & Yahr 3:  $M=0.33m$ ;  $SD=0.07m$  vs. VG zur ZG Hoehn & Yahr 3:  $M=0.23m$ ;  $SD=0.03m$ ).

Unter Zeitdruck ließ sich ebenfalls eine statistische Bedeutsamkeit für den Haupteffekt *PD* ( $p<.001$ ) sowie die Interaktion mit der Krankheitsschwere ( $p=.073$ ) nachweisen. Nun war aber eine signifikant erhöhte SDLP auch für das Hoehn & Yahr-Stadium 2 nachweisbar (Post-Hoc-Tests: Hoehn & Yahr 1:  $t=0.26$ ,  $p=.201$ ; Hoehn & Yahr 2:  $t=2.74$ ,  $p=.029$ ; Hoehn & Yahr 3:  $t=4.20$ ,  $p=.004$ ). Demnach waren die Patienten des Hoehn & Yahr-Stadiums 2 in der Bedingung ohne Zeitdruck eher mit den Patienten des Stadiums 1 vergleichbar und in ihrer Querführung nicht beeinträchtigt, während sie unter Zeitdruck - wie die Patienten des Stadiums 3 - ihrer VG in der Spurhaltung unterlegen waren (ZG Hoehn & Yahr 2:  $M=0.33m$ ;  $SD=0.08m$  vs. VG zur ZG Hoehn & Yahr 2:  $M=0.25m$ ;  $SD=0.04m$ ; ZG Hoehn & Yahr 3:  $M=0.33m$ ;  $SD=0.06m$  vs. VG zur ZG Hoehn & Yahr 3:  $M=0.22m$ ;  $SD=0.04m$ ).

Entsprechend dem zugehörigen t-Test für abhängige Stichproben war die erhöhte Geschwindigkeit unter Zeitdruck mit signifikanten Einbußen in der Spurhaltung verbunden ( $t=2.02$ ,  $p=.049$ ). Dennoch durchfuhren die Testfahrer den Abschnitt „Freie Fahrt“ unter Zeitdruck nur mit einer geringfügig höheren SDLP ( $M=0.27m$ ;  $SD=0.07$ ) als ohne Zeitdruck ( $M=0.26m$ ;  $SD=0.06m$ ).

Die varianzanalytische Prüfung der aus den Bedingungen mit und ohne Zeitdruck gebildeten Differenzen lieferte allerdings einen signifikanten Haupteffekt *PD*. Demnach führte - i.S. einer disordinalen Interaktion *Zeitdruck* x *PD* - der Zeitdruck in der ZG zu einer deutlich höheren SDLP, während sich die Güte der Spurhaltung in der VG nicht veränderte (Post-Hoc-Tests: ZG:  $t=2.67$ ,  $p=.014$  vs. VG:  $t=-0.18$ ,  $p=.861$ ).

Der oben geschilderte Effekt, dass primär die SDLP der Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 unter dem Zeitdruck litt, verfehlte knapp eine Tendenz (Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.148$ ), zeichnet sich aber in Abbildung 8.4-9 sehr anschaulich ab.

Schließlich verfehlte auch die Interaktion *PD* x *Tagesmüdigkeit* knapp eine Tendenz ( $p=.109$ ). Deskriptiv zeigte sich, dass der Anstieg der SDLP hauptsächlich auf die Patienten ohne Tagesmüdigkeit zurückging, was sicher dadurch zu erklären ist, dass diese Patienten auch ihre Geschwindigkeit stärker erhöhten als die Patienten mit Tagesmüdigkeit, die schon a priori schneller (und zumindest deskriptiv auch mit höherer SDLP) fuhren.

Zusammenfassend bleibt zum Szenario „Freie Fahrt“ festzuhalten, dass

- die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 3 insgesamt deutlich schlechter in der Spur blieben als ihre VG,
- die Patienten im Stadium 2 nur unter Zeitdruck eine höhere SDLP hatten als ihre VG,
- die Patienten im Stadium 1 insgesamt nicht schlechter abschnitten als ihre VG und
- sich der Zeitdruck bei der VG nicht negativ auf die Spurhaltung auswirkte, während in der ZG hauptsächlich die Patienten im Stadium 2 von Leistungseinbußen betroffen waren.

Die „Scharfe Kurve“ durchfahren die Patienten mit einer hochsignifikant schlechteren Spurhaltung als die VG. Dies galt sowohl für die Bedingung ohne (Haupteffekt *PD*:  $p=.004$ ; ZG:  $M=0.34m$ ;  $SD=0.08m$  vs. VG:  $M=0.27m$ ;  $SD=0.06m$ ) als auch für die Fahrt mit Zeitdruck (Haupteffekt *PD*:  $p<.001$ ; ZG:  $M=0.40m$ ;  $SD=0.09m$  vs. VG:  $M=0.29m$ ;  $SD=0.07m$ ) - obwohl die Patienten unter beiden Bedingungen hochsignifikant langsamer fuhren als die VG.

Während aber in der Bedingung ohne Zeitdruck die Patienten im Stadium 3 zumindest deskriptiv die größten Beeinträchtigungen in der Spurhaltung hatten, war ein Einfluss des Schweregrads unter Zeitdruck selbst deskriptiv nicht mehr auszumachen (s. Abbildung 8.4-9). Wie auch für die „Freie Fahrt“ konnte bei einer Prüfung über die gesamte Stichprobe eine leistungsbeeinträchtigende Wirkung des Zeitdrucks auf die Spurhaltung in der „Scharfen Kurve“ bestätigt werden (FVP1a:  $M=0.30m$ ;  $SD=0.08m$  vs. FVP2:  $M=0.35m$ ;  $SD=0.10m$ ;  $t=4.62$ ,  $p<.001$ ). Allerdings betraf diese Verschlechterung nun auch die VG, wobei die Querführung der ZG wiederum in besonderem Maße unter dem Zeitdruck litt. So ergab die Varianzanalyse der aus den Bedingungen mit und ohne Zeitdruck gebildeten Differenzen einen tendenziellen Haupteffekt *PD* ( $p=.081$ ), der im Sinne einer ordinalen Interaktion *Zeitdruck*  $\times$  *PD* zu interpretieren war. Die SDLP war in der ZG unter Zeitdruck durchschnittlich  $0.06m$  ( $SD=0.08m$ ) höher als in der Bedingung ohne Zeitdruck, in der VG war immerhin auch ein mittlerer Zuwachs von  $0.02m$  ( $SD=0.04$ ) zu beobachten. Nachgeschobene t-Tests für abhängige Stichproben bestätigten die Wirkung des Zeitdrucks auf die SDLP sowohl für die ZG als auch für die VG auf hochsignifikantem Niveau (t-Tests für abhängige Stichproben: ZG  $t=3.91$ ,  $p=.001$  vs. VG  $t=2.89$ ,  $p=.008$ ).

Inferenzstatistisch bedeutsame Effekte von Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit zeigten sich im Hinblick auf die Querführung in der „Scharfen Kurve“ nicht.

Zusammenfassend bleibt zur Spurhaltung in der „Scharfen Kurve“ festzuhalten, dass

- die Patienten mit insgesamt höherer SDLP fuhren als die gesunden Testfahrer (trotz der geringeren Geschwindigkeit der Patienten),
- dabei keine Abhängigkeit von Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit nachweisbar war und
- sich die Spurhaltung bei den Patienten durch den Zeitdruck stärker verschlechterte als bei den gesunden Testfahrern (bei gleichem Geschwindigkeitszuwachs).

Beim „Slalom“, dem hinsichtlich Spurhaltung schwierigsten Szenario, resultierten keine inferenzstatistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.

Allenfalls ist für die Bedingung ohne Zeitdruck festzuhalten, dass der Haupteffekt *PD* knapp eine Tendenz verfehlte ( $p=.113$ ): nur deskriptiv fuhr die ZG hier mit höherer SDLP als die VG (ZG:  $M=0.39m$ ;  $SD=0.09m$  vs. VG:  $M=0.36m$ ;  $SD=0.08m$ ).

Der mit dem Zeitdruck verbundene Geschwindigkeitszuwachs bewirkte insgesamt einen hochsignifikanten Anstieg der SDLP von  $0.38m$  ( $SD=0.08m$ ) auf  $0.41m$  ( $SD=0.10$ ) ( $t=3.35$ ,  $p=.002$ ), der sich entsprechend der Varianzanalyse über die Differenzen als von der Gruppenzugehörigkeit unabhängig erwies.

Insgesamt fuhren also die Patienten im „Slalom“ langsamer, aber nicht mit höherer SDLP. Möglicherweise handelte es sich hier um einen Deckeneffekt bedingt durch die Aufgabenschwierigkeit: Der „Slalom“ war - insbesondere unter Zeitdruck - auch für die gesunden Testfahrer sehr schwierig, so dass hier kaum mehr zwischen den Gruppen differenziert werden konnte. Der Zeitdruck bewirkte auch hier eine höhere Geschwindigkeit und eine höhere SDLP, nun aber waren ZG und VG in gleichem Maße betroffen.

Schließlich ergab die Analyse zur „Engstelle“ - obwohl die ZG hier genauso schnell fuhr wie die VG - insgesamt keinen Unterschied in der Spurhaltung (Haupteffekt *PD*:  $p=.333$ ). Nur die Patienten mit Tagesmüdigkeit fuhren mit tendenziell höherer SDLP durch die Baustelle als ihre VG (Interaktion *PD* x *Tagesmüdigkeit*:  $p=.098$ ; Post-Hoc-Tests: ohne Tagesmüdigkeit  $t=-0.65$ ,  $p=.529$  vs. mit Tagesmüdigkeit  $t=1.85$ ,  $p=.092$ ). Möglicherweise verhalf die Fahrbahnbegrenzung den Patienten zu einer besseren Spurhaltung.

#### 8.4.6.2.1.3 Zusammenfassung zur Fahrzeugstabilisierung

Mit Ausnahme der „Engstelle“ durchfuhren die Patienten alle Situationen langsamer als die gesunden Testfahrer (s. Tabelle 8.4-15). Ein Zusammenhang zum Schweregrad konnte dabei für keines der Szenarien nachgewiesen werden. Nur in der „Freien Fahrt“ ohne Zeitdruck zeichneten sich die Patienten ohne Tagesmüdigkeit durch eine besonders langsame Fahrweise aus.

Der Zeitdruck war in allen betrachteten Situationen mit einer Erhöhung der mittleren Geschwindigkeit verbunden, was i.S. eines Manipulation Checks als positiv zu werten ist.

In der „Freien Fahrt“ war dieser Geschwindigkeitszuwachs in der ZG ohne Tagesmüdigkeit stärker ausgeprägt als in ihrer VG, was sicher auf ihre besonders geringe Ausgangsgeschwindigkeit in diesem Szenario zurückzuführen ist.

Insgesamt wurde aber auch unter Zeitdruck in keinem der Szenarien die Geschwindigkeit der VG erreicht (s. Tabelle 8.4-15). So war bei der ZG wohl immer noch von einem gewissen (Rest-)Anteil an Kompensation über die Geschwindigkeit auszugehen. Ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Erhöhung der Geschwindigkeit und der Krankheitsschwere konnte für keine der Fahraufgaben festgestellt werden (Tabelle 8.4-17).

Trotz ihrer fast durchwegs geringeren Geschwindigkeit schnitt die ZG in der Spurhaltung meist schlechter ab als die VG - und dies insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 3 (vgl. Tabelle 8.4-16). Im Stadium 1 wurden zumindest bei den einfacheren Fahraufgaben noch vergleichbar gute Leistungen erbracht wie in der zugehörigen VG. Die ZG Hoehn & Yahr 2 war beim Fahren ohne Zeitdruck eher mit der ZG Hoehn & Yahr 1, beim zügigen Fahren eher mit der ZG Hoehn & Yahr 3 vergleichbar. Zudem konnte in den leichteren Aufgaben (Freie Fahrt, Scharfe Kurve) ein besonders leistungsbeeinträchtigender Einfluss des Zeitdrucks auf die SDLP der Patienten (insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 2) beobachtet werden.

Mit zunehmender Aufgabenschwierigkeit nahmen aber die Unterschiede zwischen den Hoehn & Yahr-Stadien ab, bis schließlich bei sehr hoher Aufgabenschwierigkeit (Slalom, insbesondere unter Zeitdruck) auch die Unterschiede zwischen ZG und VG verschwanden. Nun wirkte auch der Zeitdruck auf ZG und VG in gleichem Maße leistungsbeeinträchtigend (vgl. Tabelle 8.4-18).

Dies könnte insgesamt auf einen Deckeneffekt hinweisen. Möglicherweise war der „Slalom“ für beide Gruppen zu schwierig, um zwischen ihnen differenzieren zu können. Die gute Spurhaltung der Patienten in der „Engstelle“ könnte dagegen auf eine unterstützende Wirkung der Fahrbahnbegrenzungen hindeuten, zumal die Patienten hier ausnahmsweise nicht langsamer fuhren als die gesunden Testfahrer.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die durchaus vorhandenen Zusammenhänge zwischen Spurhaltung und Krankheitsschwere in deutlichem Maße von Art und Schwierigkeit des durchfahrenen Szenarios moderiert wurden. Vor allem litt die Spurhaltung der Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 unter der durch den Zeitdruck bewirkten Kompensationsschwerung. Insgesamt belegten auch diese Analysen, dass die Patienten starke kompensatorische Bemühungen auf taktischer Ebene (Fahren mit geringerer Geschwindigkeit) zeigten.

Festzuhalten ist schließlich, dass diese Befunde aus den aufgezeichneten Fahrdaten die Beobachtungsdaten zur Fahrtdauer und zum gehäuften Auftreten von Fehlern wegen Abkommens von der Fahrbahn (mit Hinweisen auf einen Zusammenhang zum Hoehn & Jahr-Stadium) sehr gut widerspiegeln.

*Tabelle 8.4-15: Zusammenfassung zur mittleren Geschwindigkeit. Welche Subgruppe der ZG fuhr langsamer (<), gleich schnell (=) oder schneller (>) als ihre VG?*

| <i>Situation</i>             | <i>H&amp;Y1</i> | <i>H&amp;Y1</i> | <i>H&amp;Y2</i> | <i>H&amp;Y2</i> | <i>H&amp;Y3</i> | <i>H&amp;Y3</i> |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                              | <i>o. TM</i>    | <i>m. TM</i>    | <i>o. TM</i>    | <i>m. TM</i>    | <i>o. TM</i>    | <i>m. TM</i>    |
| <i>Freie Fahrt (FVP1a)</i>   | <<<             | <<              | <<<             | <<              | <<<             | <<              |
| <i>Freie Fahrt (FVP2)</i>    | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <i>Scharfe Kurve (FVP1a)</i> | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <i>Scharfe Kurve (FVP2)</i>  | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <i>Slalom (FVP1a)</i>        | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <i>Slalom (FVP2)</i>         | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <i>Engstelle (FVP1)</i>      | =               | =               | =               | =               | =               | =               |

Anmerkung. FVP1a/FVP1=Bedingung ohne Zeitdruck, FVP2=Bedingung mit Zeitdruck.

*Tabelle 8.4-16: Zusammenfassung zur SDLP. Welche Subgruppe der ZG fuhr mit höherer (<), gleich guter (=) oder geringerer SDLP als ihre VG (>)?*

| <i>Situation</i>             | <i>H&amp;Y1</i> | <i>H&amp;Y1</i> | <i>H&amp;Y2</i> | <i>H&amp;Y2</i> | <i>H&amp;Y3</i> | <i>H&amp;Y3</i> |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                              | <i>o. TM</i>    | <i>m. TM</i>    | <i>o. TM</i>    | <i>m. TM</i>    | <i>o. TM</i>    | <i>m. TM</i>    |
| <i>Freie Fahrt (FVP1a)</i>   | =               | =               | =               | =               | <<              | <<              |
| <i>Freie Fahrt (FVP2)</i>    | =               | =               | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <i>Scharfe Kurve (FVP1a)</i> | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <i>Scharfe Kurve (FVP2)</i>  | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <i>Slalom (FVP1a)</i>        | =               | =               | =               | =               | =               | =               |
| <i>Slalom (FVP2)</i>         | =               | =               | =               | =               | =               | =               |
| <i>Engstelle (FVP1)</i>      | =               | <               | =               | <               | =               | <               |

Anmerkung. FVP1a/FVP1=Bedingung ohne Zeitdruck, FVP2=Bedingung mit Zeitdruck.

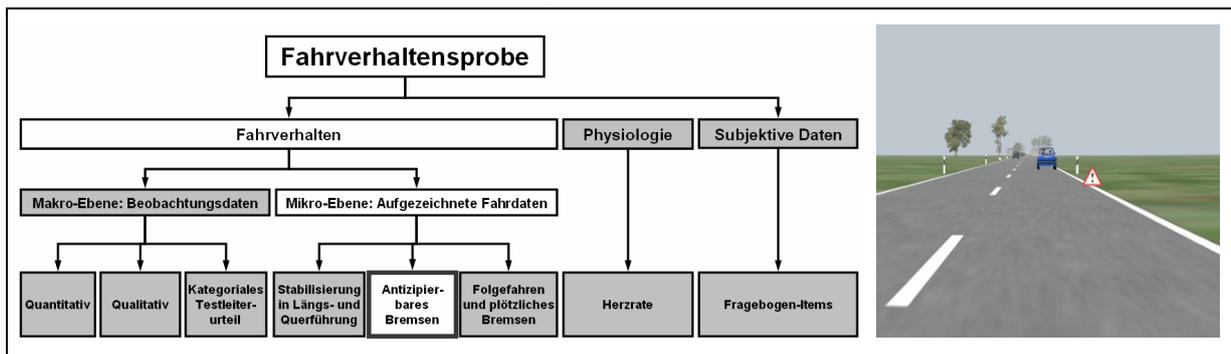
Tabelle 8.4-17: Zusammenfassung zur Wirkung der Instruktion auf die mittlere Geschwindigkeit.

| <i>Situation</i> |                      | <i>H&amp;Y1</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y1</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>m. TM</i> |
|------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>ZG</b>        | <i>Freie Fahrt</i>   | >>>                             | >>                              | >>>                             | >>                              | >>>                             | >>                              |
|                  | <i>Scharfe Kurve</i> | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|                  | <i>Slalom</i>        | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
| <b>VG</b>        | <i>Freie Fahrt</i>   | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|                  | <i>Scharfe Kurve</i> | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|                  | <i>Slalom</i>        | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |

Tabelle 8.4-18: Zusammenfassung zur Wirkung der Instruktion auf die SDLP.

| <i>Situation</i> |                      | <i>H&amp;Y1</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y1</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>m. TM</i> |
|------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>ZG</b>        | <i>Freie Fahrt</i>   | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|                  | <i>Scharfe Kurve</i> | >>>                             | >>>                             | >>>                             | >>>                             | >>>                             | >>>                             |
|                  | <i>Slalom</i>        | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
| <b>VG</b>        | <i>Freie Fahrt</i>   | =                               | =                               | =                               | =                               | =                               | =                               |
|                  | <i>Scharfe Kurve</i> | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|                  | <i>Slalom</i>        | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |

8.4.6.2.2 Längsregelung bei einem antizipierbaren Bremsmanöver (Szenario „Hindernis“)



Beim Szenario „Hindernis“ handelte es sich um ein Pannenfahrzeug, das am Fahrbahnrand stand. Dieses wurde 200m vorher durch ein Warndreieck, das ebenfalls am rechten Fahrbahnrand platziert war, angekündigt. Unter Berücksichtigung des Gegenverkehrs musste auf die linke Spur gewechselt werden, um das Pannenfahrzeug zu umfahren.

Hier wurde überprüft, ob sich ZG und VG bei einem solchen antizipierbaren Bremsmanöver in der Längsregelung bzw. in der Annäherung an das Hindernis unterschieden. Dazu wurden die folgenden Parameter analog dem allgemeinen Auswertungsprinzip analysiert:

- Geschwindigkeit bei der ersten Gaswegnahme
- Ort der ersten Gaswegnahme
- Ort bei Erreichen der minimalen Geschwindigkeit.

Der Ort der ersten Gaswegnahme sowie der Ort bei Erreichen der minimalen Geschwindigkeit wurden jeweils über den Längsabstand zum Pannenfahrzeug definiert (Stoßstange zu Stoßstange). Insgesamt resultierten allerdings kaum bedeutsame Effekte (s. Abbildung 8.4-10; die Ergebnistafeln der zugehörigen Varianzanalysen finden sich in Tabelle 35 in Anhang 1.3.2).

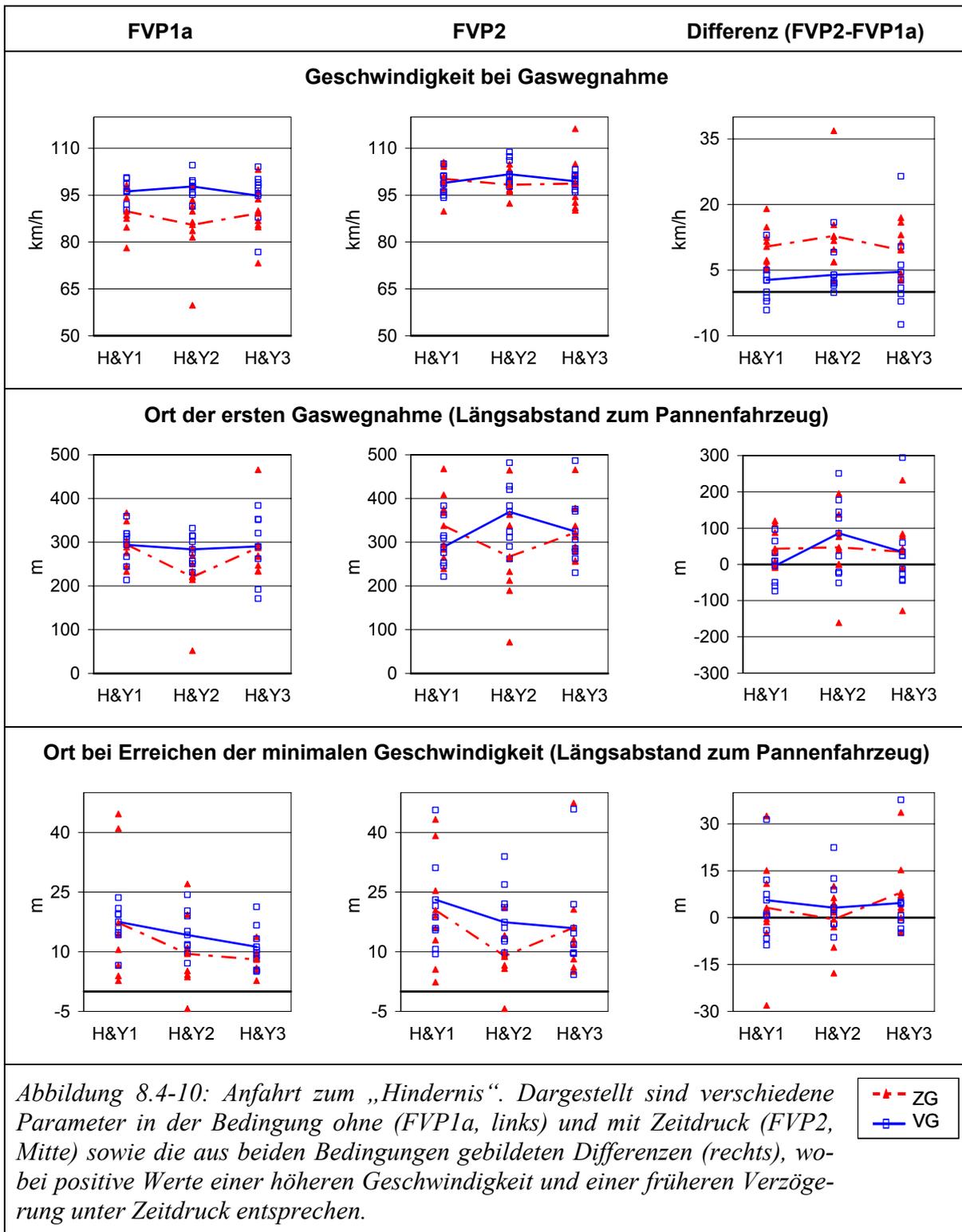
Zunächst zeigte sich auch hier, dass die Patienten in der Bedingung ohne Zeitdruck langsamer fahren als die VG bzw. sich mit hochsignifikant geringerer Geschwindigkeit an das Hindernis annäherten (Haupteffekt *PD*:  $p < .001$ ; ZG:  $M=88.2\text{km/h}$ ,  $SD=9.1\text{km/h}$  vs. VG:  $M=96.3\text{km/h}$ ,  $SD=5.7\text{km/h}$ ). Dennoch reduzierten nur die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 (Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.099$ ) ihre Geschwindigkeit später als ihre VG (Post-Hoc-Tests: Hoehn & Yahr 1:  $t=-0.11$ ,  $p=.913$ , Hoehn & Yahr 2:  $t=3.63$ ,  $p=.009$ , Hoehn & Yahr 3:  $t=0.09$ ,  $p=.929$ ). Schließlich erreichte die ZG die minimale Geschwindigkeit aber unabhängig vom Schweregrad rechtzeitig, nämlich im Mittel  $11.6\text{m}$  ( $SD=11.5\text{m}$ ) vor dem Hindernis. Dabei unterschied sie sich nur deskriptiv von der VG (Haupteffekt *PD*:  $p=.367$ ), welche die minimale Geschwindigkeit im Durchschnitt  $14.3\text{m}$  ( $SD=5.86\text{m}$ ) vor dem Hindernis erreichte. Ein Patient des Hoehn & Yahr-Stadiums 2 reagierte allerdings zu spät und kollidierte mit dem Pannenfahrzeug.

In der Bedingung unter Zeitdruck unterschieden sich ZG und VG nicht mehr in ihrer Annäherungsgeschwindigkeit (Haupteffekt *PD*:  $p=.606$ ). Während die Patienten im Stadium 1 nun dazu tendierten, das Gas sehr früh wegzunehmen, reduzierten die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 ihre Geschwindigkeit immer noch relativ spät (Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.079$ ; Post-Hoc-Tests: Hoehn & Yahr 1:  $t=-1.44$ ,  $p=.194$ , Hoehn & Yahr 2:  $t=1.69$ ,  $p=.136$ , Hoehn & Yahr 3:  $t=0.07$ ,  $p=.947$ ; s. auch Abbildung 8.4-10). Insgesamt erreichten die Patienten ihre Minimalgeschwindigkeit aber wiederum rechtzeitig und nur deskriptiv später als die VG (Haupteffekt *PD*:  $p=.267$ ; ZG:  $M=15.1\text{m}$ ;  $SD=12.8\text{m}$  vs. VG:  $M=18.8\text{m}$  vs.  $SD=11.0\text{m}$ ). Allerdings erreichte auch hier eine Patientin aus dem Hoehn & Yahr-Stadium 2 ihre Minimalgeschwindigkeit zu spät und kollidierte mit dem Pannenfahrzeug.

Die Instruktion wirkte sich bei einer Betrachtung der gesamten Stichprobe auf alle Parameter (hoch-)signifikant aus (t-Tests für abhängige Stichproben, s. Tabelle 8.4-19): Erwartungsgemäß führte der mit dem Zeitdruck verbundene Geschwindigkeitszuwachs dazu, dass die erste Gaswegnahme und auch das Erreichen der minimalen Geschwindigkeit durchschnittlich  $40\text{m}$  bzw.  $4\text{m}$  früher erfolgte.

Tabelle 8.4-19: Wirkung der Instruktion auf das Annäherungsverhalten zum Hindernis betrachtet über die gesamte Stichprobe.

|                  | Ohne Zeitdruck |      | Mit Zeitdruck |      | t     | p     |
|------------------|----------------|------|---------------|------|-------|-------|
|                  | M              | SD   | M             | SD   |       |       |
| km/h bei Gas weg | 92.2           | 8.6  | 99.6          | 5.1  | -6.34 | <.001 |
| Ort Gas weg      | 278.2          | 63.8 | 318.4         | 84.8 | 3.02  | .004  |
| Ort min. Geschw. | 13.0           | 9.1  | 17.0          | 12.0 | 2.25  | .029  |



Eine unterschiedliche Wirkung des Zeitdrucks (varianzanalytische Prüfung der Differenzen, s. Abbildung 8.4-10 und Tabelle 35 in Anhang 1.3.2) konnte nur für die Geschwindigkeit nachgewiesen werden. So war der Zeitdruck in der ZG mit einem höheren Geschwindigkeitszuwachs verbunden (Haupteffekt PD:  $p < .001$ ). Zusätzlich resultierte hier aber eine signifikante Interaktion PD x Tagesmüdigkeit ( $p = .021$ ), die darauf zurückging, dass die VG zur Gruppe ohne Tagesmüdigkeit unter Zeitdruck nur deskriptiv schneller fuhr als in der Fahrt ohne Zeitdruck. So unterschied sich demgegenüber die ZG ohne Tagesmüdigkeit natürlich durch einen

besonders deutlichen Geschwindigkeitszuwachs. Für die ZG mit Tagesmüdigkeit ließ sich dagegen allenfalls deskriptiv ein stärkerer Geschwindigkeitszuwachs als bei ihrer VG nachweisen (Post-Hoc-Tests: ZG ohne Tagesmüdigkeit:  $t=5.71$ ,  $p<.001$  vs. mit Tagesmüdigkeit:  $t=1.02$ ,  $p=.329$ ).<sup>53</sup>

Zusammenfassend ist also festzuhalten, dass sich selbst unter Zeitdruck keine inferenzstatistisch bedeutsamen Unterschiede zeigten, die als sicherheitskritisch zu werten wären (s. Tabelle 8.4-20 und Tabelle 8.4-21). Auffällig war aber dennoch, dass extrem knappe Abstände und Kollisionen mit dem Pannenfahrzeug nur in der ZG und hier insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 2 zu beobachten waren.

*Tabelle 8.4-20: Zusammenfassung zur Längsregelung bei einem antizipierbaren Bremsmanöver. Welche Subgruppe der ZG fuhr zum Zeitpunkt der ersten Gaswegnahme langsamer (<), verzögerte und erreichte ihre Minimalgeschwindigkeit später (<) als ihre zugehörige VG?*

| <b>Parameter</b>                | <b>H&amp;Y1</b> | <b>H&amp;Y1</b> | <b>H&amp;Y2</b> | <b>H&amp;Y2</b> | <b>H&amp;Y3</b> | <b>H&amp;Y3</b> |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                 | <b>o. TM</b>    | <b>m. TM</b>    | <b>o. TM</b>    | <b>m. TM</b>    | <b>o. TM</b>    | <b>m. TM</b>    |
| <b>km/h bei Gas weg (FVP1a)</b> | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              | <<              |
| <b>km/h bei Gas weg (FVP2)</b>  | =               | =               | =               | =               | =               | =               |
| <b>Ort Gas weg (FVP1a)</b>      | =               | =               | <<              | <<              | =               | =               |
| <b>Ort Gas weg (FVP2)</b>       | ≥               | ≥               | ≤               | ≤               | =               | =               |
| <b>Ort min. Geschw. (FVP1a)</b> | =               | =               | =               | =               | =               | =               |
| <b>Ort min. Geschw. (FVP2)</b>  | =               | =               | =               | =               | =               | =               |

Anmerkung. FVP1a=Bedingung ohne Zeitdruck, FVP2=Bedingung mit Zeitdruck.

*Tabelle 8.4-21: Zusammenfassung zur Wirkung des Zeitdrucks auf die Längsregelung bei einem antizipierbaren Bremsmanöver.*

| <b>Parameter</b> |                         | <b>H&amp;Y1</b> | <b>H&amp;Y1</b> | <b>H&amp;Y2</b> | <b>H&amp;Y2</b> | <b>H&amp;Y3</b> | <b>H&amp;Y3</b> |
|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                  |                         | <b>o. TM</b>    | <b>m. TM</b>    | <b>o. TM</b>    | <b>m. TM</b>    | <b>o. TM</b>    | <b>m. TM</b>    |
| <b>ZG</b>        | <b>km/h bei Gas weg</b> | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              |
|                  | <b>Ort Gas weg</b>      | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              |
|                  | <b>Ort min. Geschw.</b> | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              |
| <b>VG</b>        | <b>km/h bei Gas weg</b> | =               | >>              | =               | >>              | =               | >>              |
|                  | <b>Ort Gas weg</b>      | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              |
|                  | <b>Ort min. Geschw.</b> | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              | >>              |

Anmerkung. > entspricht einer höheren Geschwindigkeit sowie einem späteren Verzögern bzw. Erreichen der Minimalgeschwindigkeit.

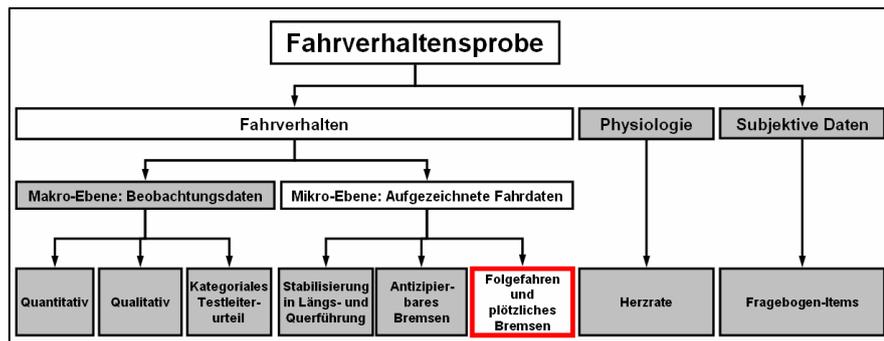
<sup>53</sup> Weitere Post-Hoc-Tests zur Prüfung der Wirkung des Zeitdrucks getrennt für jede der vier Untergruppen ergaben die folgenden Statistiken:

ZG o. TM:  $t=-5.21$ ,  $p<.001$ ; ZG m. TM:  $t=-5.56$ ,  $p<.001$ ;

VG zur ZG o. TM:  $t=-0.89$ ,  $p=.394$ ; VG zur ZG m. TM:  $t=-2.59$ ,  $p=.025$ .

8.4.6.2.3 Längsregelung und Reaktionsfähigkeit beim Folgefahren

Im Folgenden sollen zunächst die Befunde zum Erreichen des Vordermanns in Szenarien mit Führungsfahrzeug berichtet werden. Anschließend wird für das Szenario „Wilder Bremsler“ dargestellt, wie viele der Testfahrer mit demselben kollidierten. Schließlich wird auf das Abstandsverhalten vor und die Reaktionszeit auf dessen plötzliches Bremsmanöver eingegangen.



8.4.6.2.3.1 Erreichen des Vordermanns im Szenario „Car Follow“

Wie bereits unter 8.4.1 und 8.4.3 vorweggenommen, kompensierten insbesondere die Patienten so sehr auf taktischer Ebene (verminderte Geschwindigkeit, große Sicherheitsabstände), dass in fast allen der ursprünglich zum Folgefahren gedachten Szenarien das vorausfahrende Fahrzeug nicht erreicht wurde. So war es auch irrelevant, dass ein solches die „Scharfe Kurve“ und den „Slalom“ je einmal mit angepasster und einmal mit deutlich überhöhter Geschwindigkeit durchfuhr. Gleiches gilt für ein vorausfahrendes Fahrzeug, das ein STOPP-Schild überfuhr und ein weiteres, das sich durch eine besonders schlechte Spurhaltung auszeichnete („Spurschwanker“).

Am Beispiel des Szenarios „Car Follow“ soll dieser Befund im Folgenden detailliert beschrieben und auch inferenzstatistisch abgesichert werden. Hierbei handelte es sich um einen 2.7km langen Abschnitt auf einer Landstraße mit sanften Kurven. Das Führungsfahrzeug, das bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100km/h nur 75.6km/h fuhr, durfte nicht überholt werden. Das Erreichen des Vordermanns war über einen Minimalabstand von 80m definiert.

Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln bestätigten, dass die ZG das Führungsfahrzeug unter beiden Instruktionen signifikant seltener erreichte als die VG (FVP1a:  $X^2(1)=5.40$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.020$ , FVP2:  $X^2(1)=7.06$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.008$ ): Beim Fahren ohne Zeitdruck waren 29% der VG und nur ein Patient (4%; Hoehn & Yahr 1 ohne Tagesmüdigkeit) weniger als 80m von dem vorausfahrenden Fahrzeug entfernt. Beim Fahren unter Zeitdruck stieg dieser Anteil auf 79% in der VG und immerhin 42% in der ZG an. (s. auch Abbildung 8.4-11 und Tabelle 8.4-22)

Die nach den Gruppierungsmerkmalen geschichteten Kontingenztafeln (s. Tabellen 36 und 37 in Anhang 1.3.2) zeigten zudem für die Bedingung ohne Zeitdruck, dass die Patienten mit Tagesmüdigkeit den Vordermann gehäuft selten bzw. nie erreichten (ZG 0% vs. VG 42%;  $X^2(1)=6.32$ ,  $p(\text{exakt})=.012$ ). Dieser Unterschied zu den Patienten ohne Tagesmüdigkeit, die sich - laut Chi-Quadrat-Test - nur deskriptiv von ihrer VG unterschieden ( $X^2(1)=0.38$ ,  $p(\text{exakt})=.537$ ), war aber primär auf Letztere zurückzuführen. Insgesamt erreichten nämlich lediglich ein Patient (8.3%) der ZG ohne Tagesmüdigkeit (s. oben), aber auch nur zwei Testfahrer ihrer VG (16.7%) das Führungsfahrzeug.

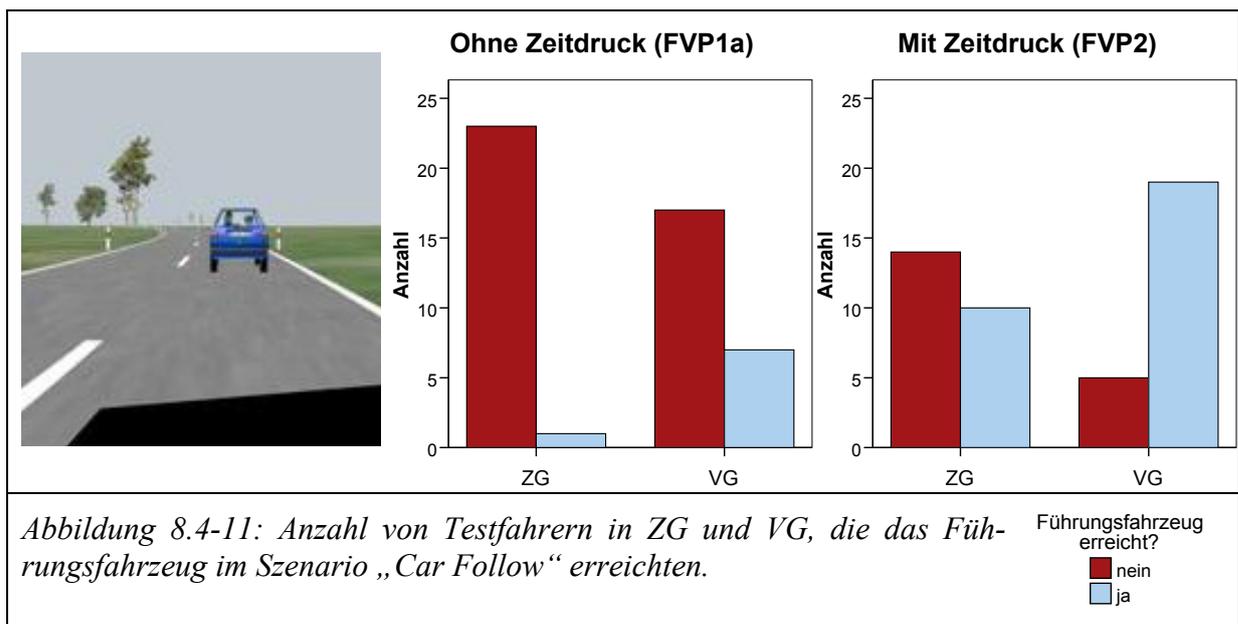
Unter Zeitdruck war dieser Unterschied nicht mehr vorhanden. Nun ergab der zugehörige Chi-Quadrat-Test für Kontingenztafeln zur Schicht ohne Tagesmüdigkeit eine Signifikanz (ZG 42% vs. VG 83%;  $X^2(1)=4.44$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.035$ ). Dass für die Schicht mit Tages-

müdigkeit nur eine Tendenz resultierte, war wiederum auf eine Variation in der VG zurückzuführen (ZG 42% vs. VG 75%;  $X^2(1)=2.74$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.098$ ).

Ein Zusammenhang zur Krankheitsschwere fand sich für die Bedingung ohne Zeitdruck nicht, beim Fahren unter Zeitdruck erreichten aber die Patienten des Hoehn & Yahr-Stadiums 2 das Führungsfahrzeug besonders selten (ZG 25% vs. VG 87.5%;  $X^2(1)=6.35$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.012$ ). In den Stadien 1 und 3 traf ein selteneres Erreichen des Vordermanns durch die ZG aber zumindest deskriptiv zu (Hoehn & Yahr 1: ZG 63% vs. VG 88%;  $X^2(1)=1.33$ ,  $p(\text{exakt})=.569$ ; Hoehn & Yahr 3: ZG 38% vs. VG 63%;  $X^2(1)=1.00$ ,  $p(\text{exakt})=.317$ ).

Die nach Krankheitsschwere *und* Tagesmüdigkeit geschichteten Analysen erbrachten - sicher aufgrund zu geringer Zellbesetzungen - keine statistisch bedeutsamen Effekte, so dass auf deren Darstellung auch im Anhang verzichtet wurde. Wie aber aus Tabelle 8.4-22 ersichtlich, wurde das Führungsfahrzeug in keiner Subgruppe der ZG häufiger erreicht als in der zugehörigen VG.

Weil der Vordermann hier so selten erreicht wurde, wurden keine Analysen zum Abstandsverhalten durchgeführt. So hätte die Stichprobe - aufgrund der abhängigen Analyse - selbst in der Bedingung mit Zeitdruck nur aus acht Zwillingspaaren bestanden, wobei die Subgruppen Hoehn & Yahr 1 mit und Hoehn & Yahr 3 ohne Tagesmüdigkeit nicht besetzt gewesen wären.<sup>54</sup>



<sup>54</sup> Zur Kontrolle wurde aber zumindest die mittlere Geschwindigkeit entsprechend dem allgemeinen Auswertungskonzept analysiert. Dabei resultierten annähernd die gleichen Befunde wie für den Abschnitt „Freie Fahrt“ (s. 8.4.6.2.1.1): Die ZG fuhr ohne Zeitdruck langsamer als die VG (insbesondere ohne Tagesmüdigkeit). Anders als bei der „Freien Fahrt“ ergaben sich beim Fahren unter Zeitdruck aber keine statistisch bedeutsamen Effekte mehr, ZG und VG fuhren nun gleich schnell. Dies ist wohl dadurch zu erklären, dass nun die maximale Geschwindigkeit durch das Führungsfahrzeug begrenzt war (75.6km/h), so dass die VG ihre Geschwindigkeit nur in geringerem Maße steigern konnte als in der „Freien Fahrt“.

Tabelle 8.4-22: Erreichen des Führungsfahrzeugs im Szenario „Car Follow“ in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit bei der Fahrt ohne (FVP1a) und mit Zeitdruck (FVP2).

| Fahrt | Gruppe | H&Y1<br>o. TM | H&Y1<br>m. TM | H&Y2<br>o. TM | H&Y2<br>m. TM | H&Y3<br>o. TM | H&Y3<br>m. TM |
|-------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| FVP1a | ZG     | 1             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |
|       | VG     | 2             | 2             | 0             | 2             | 0             | 1             |
| FVP2  | ZG     | 3             | 2             | 1             | 1             | 1             | 2             |
|       | VG     | 4             | 3             | 4             | 3             | 2             | 3             |

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Patienten grundsätzlich dazu neigten, ein Folgefahren zu vermeiden. Dies zeigte sich selbst bei einer Kompensationserschwerung durch Zeitdruck, wobei hier insbesondere die Patienten des Hoehn & Yahr-Stadiums 2 durch enorme Abstände zum Führungsfahrzeug auffielen.

#### 8.4.6.2.3.2 Kollisionen mit dem „Wilden Bremser“

Beim Szenario „Wilder Bremser“ handelte es sich um eine 2.7km lange Landstraße, auf der ein mit dem Ego-Fahrzeug synchronisierter Vordermann plötzlich scharf abbremste, um eine Kollision zu provozieren. Da der „Wilde Bremser“ mit dem Ego-Fahrzeug synchronisiert war, fuhr er - gegebenenfalls - deutlich langsamer als die Führungsfahrzeuge in den übrigen Szenarien zum Folgefahren. So sollte gewährleistet werden, dass diese Provokation einer Kollision bei möglichst allen Testfahrern auftrat bzw. man dem „Wilden Bremser“ kaum entgehen konnte.

Tabelle 8.4-23 und Abbildung 8.4-12 zeigen die 4-kategoriale Variable „Zusammentreffen mit dem Wilden Bremser“ (vor dem Bremsmanöver überholt vs. nicht erreicht vs. rechtzeitig gebremst vs. kollidiert) in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit.

Zunächst wird deutlich, dass unter der Bedingung ohne Zeitdruck ein Drittel der ZG den „Wilden Bremser“ trotz Synchronisation nicht erreichten<sup>55</sup>, während unter Zeitdruck schließlich alle Patienten weniger als 80m vom „Wilden Bremser“ entfernt waren.

In der VG hingegen hatten alle Testfahrer das Führungsfahrzeug bereits ohne Zeitdruck erreicht. 25% von ihnen entgingen dem plötzlichen Bremsmanöver des „Wilden Bremers“ aber dennoch, da sie ihn vorher - trotz Überholverbot - überholten. Unter Zeitdruck kam dies nur noch bei einem Testfahrer der VG vor (4.2%).<sup>56</sup> In der ZG missachtete in der Fahrt ohne Zeitdruck nur ein Patient das Überholverbot (4.2%), in der Fahrt mit Zeitdruck immerhin drei (12.5%).

<sup>55</sup> Dies war möglich, weil die Synchronisation nicht kontinuierlich stattfand, sondern nur an mehreren definierten Streckenmetern erfolgte.

<sup>56</sup> Wie die im Anschluss durchgeführten Interviews zur Fahrt zeigten, hatten die Testfahrer diesen Fehler im Nachhinein oft selbst bemerkt. Vermutlich achteten sie daher in der zweiten Fahrt genauer auf Überholverbotschilder, so dass sie den „Wilden Bremser“ dann trotz Zeitdruck *seltener* überholten.

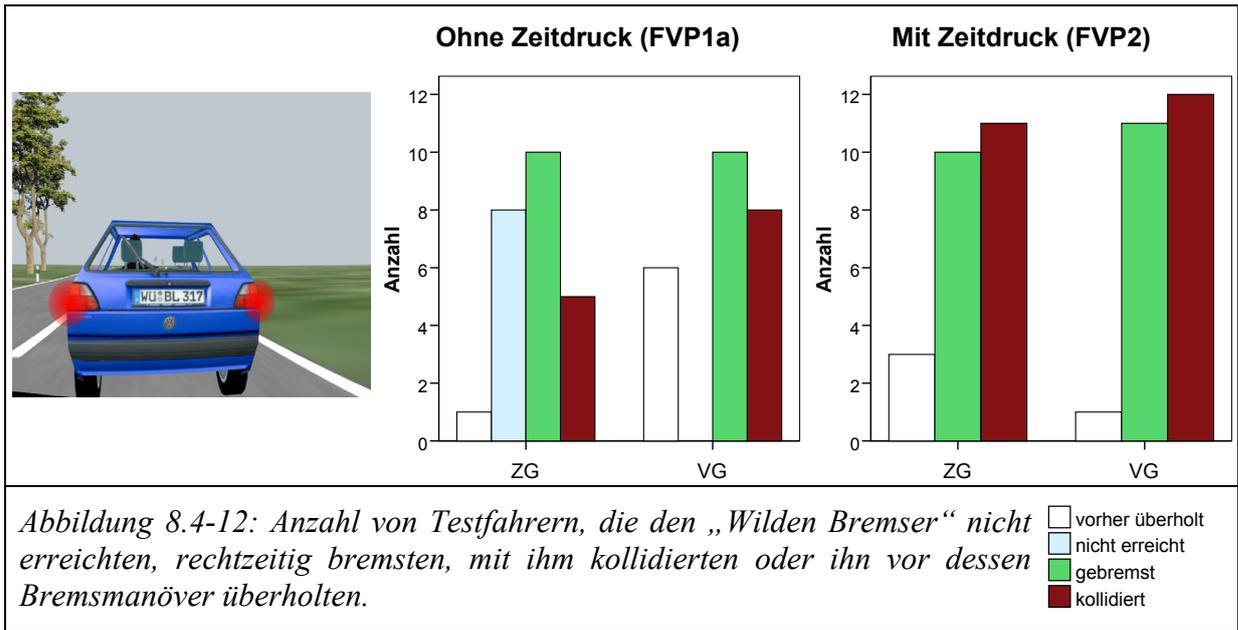


Tabelle 8.4-23: Zusammentreffen mit dem „Wilden Bremser“ in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit bei der Fahrt ohne (FVP1a) und mit Zeitdruck (FVP2).

| Fahrt | Gruppe |                | H&Y1  | H&Y1  | H&Y2  | H&Y2  | H&Y3  | H&Y3  |
|-------|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |        |                | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM |
| FVP1a | ZG     | nicht erreicht | 1     | 2     | 2     | 1     | 1     | 1     |
|       |        | überholt       | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     |
|       |        | gebremst       | 2     | 1     | 1     | 2     | 3     | 1     |
|       |        | kollidiert     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     | 2     |
|       | VG     | nicht erreicht | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|       |        | überholt       | 1     | 3     | 0     | 0     | 0     | 2     |
|       |        | gebremst       | 0     | 1     | 2     | 2     | 3     | 2     |
|       |        | kollidiert     | 3     | 0     | 2     | 2     | 1     | 0     |
| FVP2  | ZG     | nicht erreicht | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|       |        | überholt       | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     |
|       |        | gebremst       | 3     | 2     | 0     | 1     | 1     | 3     |
|       |        | kollidiert     | 1     | 1     | 3     | 2     | 3     | 1     |
|       | VG     | nicht erreicht | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|       |        | überholt       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     |
|       |        | gebremst       | 1     | 1     | 3     | 3     | 2     | 1     |
|       |        | kollidiert     | 3     | 3     | 1     | 1     | 2     | 2     |

Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln (unter Ausschluss der Patienten, die den „Wilden Bremser“ nicht erreicht oder überholt hatten) zeigten, dass die Patienten nicht häufiger kollidierten als die gesunden Testfahrer (FVP1a: ZG 33% vs. VG 44%,  $X^2(1)=0.42$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.515$ ; FVP2: ZG 52% vs. VG 52%,  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.989$ ).

Für die Fahrt ohne Zeitdruck erbrachten die nach den Gruppierungsmerkmalen geschichteten Chi-Quadrat-Tests keine statistisch bedeutsamen Effekte, so dass auf deren Darstellung verzichtet wurde.

Unter Zeitdruck konnte tendenziell ein besonders seltenes Kollidieren der Patienten im Hoehn & Jahr-Stadium 1 nachgewiesen werden (ZG: 29% vs. VG: 75%,  $X^2(1)=3.23$ ,

$p(\text{asymptotisch})=.072$ ). Inwiefern dies im Zusammenhang zu einem größeren Sekundenabstand oder einer schnelleren Reaktion (i.S. einer reaktiven Anspannungssteigerung) stand, soll im folgenden Abschnitt genauer analysiert werden. Dabei ist aber auch zu berücksichtigen, dass dieser Effekt einer Alpha-Adjustierung nicht standhält ( $p>.100/5=.020$ ).

Gleiches gilt für den im Rahmen der Beobachtungsdaten (s. Abschnitt 8.4.6.1.2.2) nachgewiesenen Effekt eines gehäuften Auftretens von Kollisionen bei Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2, der selbst ohne Adjustierung das Niveau einer Tendenz knapp verfehlte (ZG: 83% vs. VG: 25%,  $X^2(1)=4.67$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.103$ ).

Bei den Patienten im Stadium 3 traten Kollisionen erstaunlicherweise nicht häufiger auf als in ihrer VG (ZG: 50% vs. VG: 57%,  $X^2(1)=0.08$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.782$ ).

Die nach den Hoehn & Yahr-Stadien geschichtete Kontingenztafel ist in Anhang 1.3.2 (Tabelle 38) dargestellt. Auf eine Darstellung der übrigen geschichteten Kontingenztafeln wurde mangels statistisch bedeutsamer Effekte verzichtet.

Insgesamt war damit das Szenario „Wilder Bremser“ das einzige, bei dem - und dies auch nur unter Zeitdruck - ein Folgefahren für alle Testfahrer realisiert werden konnte. So ist es nur durch die Kombination von Synchronisation und Zeitdruck gelungen, die enormen kompensatorischen Bemühungen der Patienten beim Folgefahren zu verhindern. Aber auch dann war allenfalls für die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 eine erhöhte Kollisionsrate nachweisbar.

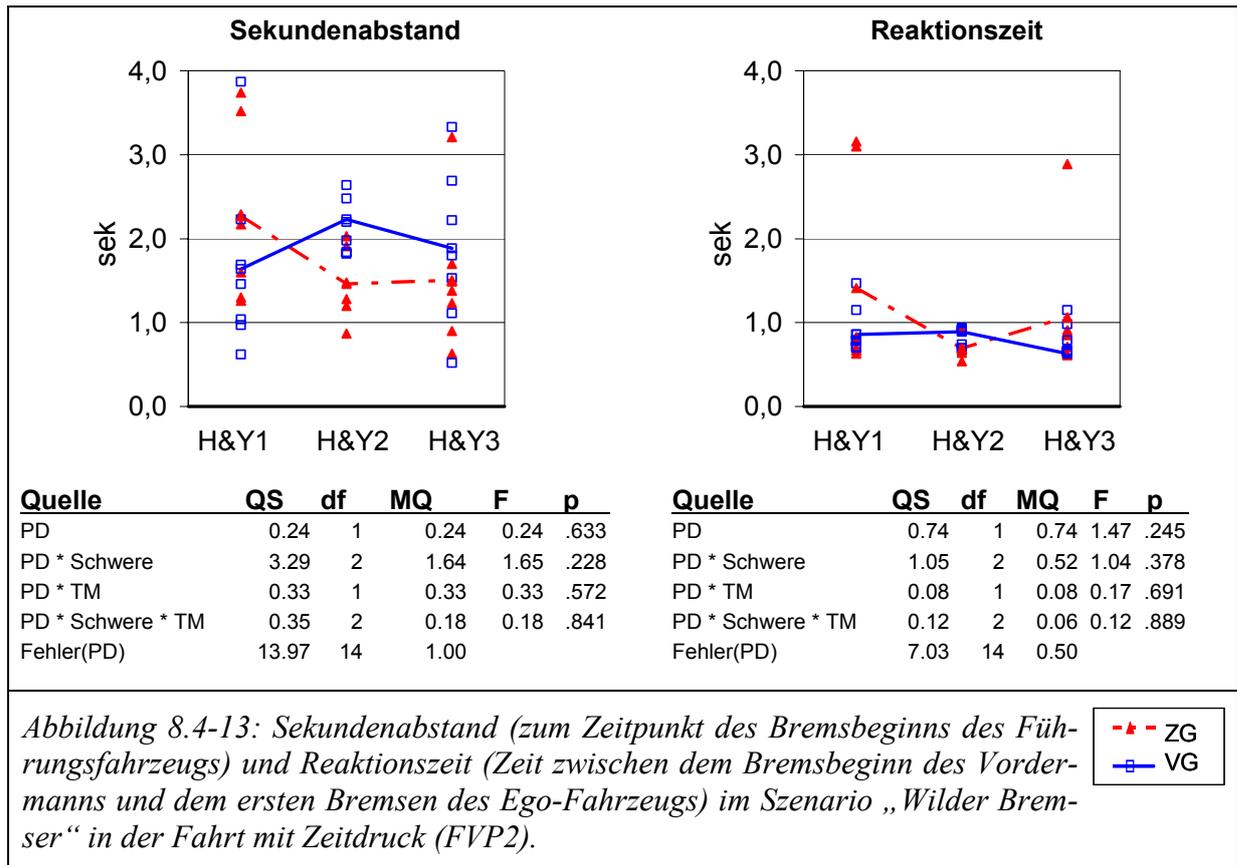
#### 8.4.6.2.3.3 Reaktionsfähigkeit im Szenario „Wilder Bremser“

Eine nahe liegende Hypothese im Hinblick auf die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten ist, dass sie bei plötzlichen Ereignissen langsamer reagieren. Dies sollte ebenfalls anhand des „Wilden Bremser“ geprüft werden. So wurden

- einerseits der Sekundenabstand zu Beginn des Bremsmanövers des Führungsfahrzeugs und
- andererseits die Zeit zwischen dem Bremsmanöver des Führungsfahrzeugs und dem ersten Bremsen des Ego-Fahrzeugs analysiert.

Wiederum aus dem Grund, dass der „Wilde Bremser“ in der Fahrt ohne Zeitdruck von zu wenigen Patienten erreicht wurde, wurde auch hier nur die Bedingung unter Zeitdruck betrachtet. Für drei Patienten sowie einen gesunden Testfahrer lagen aber dennoch keine Werte vor, da sie das Führungsfahrzeug vor dessen Bremsmanöver im Überholverbot überholt hatten (s. Abschnitt 8.4.6.2.3.2).

Wider Erwarten lieferten die zugehörigen Varianzanalysen (s. Abbildung 8.4-13) aber keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Gruppen. Unabhängig von Schweregrad und Tagesmüdigkeit folgte die ZG dem Vordermann nur mit einem deskriptiv geringeren Sekundenabstand (ZG:  $M=1.76\text{sek}$ ,  $SD=0.86\text{sek}$  vs. VG:  $M=1.90\text{sek}$ ,  $SD=0.86\text{sek}$ ) und reagierte auch nur deskriptiv langsamer auf das Bremsmanöver des Vordermanns (ZG:  $M=1.08\text{sek}$ ,  $SD=0.86\text{sek}$  vs. VG:  $M=0.79\text{sek}$ ,  $SD=0.36\text{sek}$ ). Allerdings fanden sich extreme Ausreißer mit einer Reaktionszeit von mehreren Sekunden nur unter den Patienten.



Somit bleibt festzuhalten, dass die ZG bei gleichem Sekundenabstand zum Vordermann im Mittel genauso schnell reagierte wie die VG und daher auch nicht häufiger kollidierte.

#### 8.4.6.2.3.4 Zusammenfassung zum Folgefahren

Aufgrund ihrer sehr langsamen Fahrweise war es also bei den Patienten kaum möglich, ein Folgefahren überhaupt herzustellen. Insbesondere die Patienten im Hoehn & Jahr-Stadium 2 erreichten den Vordermann sehr selten. Nur durch die Kombination eines synchronisierten Führungsfahrzeugs und die Instruktion „Zeitdruck“ gelang es, ein Folgefahren für alle Patienten zu realisieren.

Eine erhöhte Kollisionsrate ließ sich aber für die ZG selbst dann nicht nachweisen. So fielen v.a. Patienten im Hoehn & Jahr-Stadium 1 durch eine eher geringe Kollisionsrate auf, was für eine gute Reaktionsfähigkeit spricht und möglicherweise im Sinne einer reaktiven Anspannungssteigerung (Düker, 1963) zu interpretieren ist.<sup>57</sup> Aber auch die schwerer erkrankten Patienten reagierten auf das plötzliche Bremsmanöver des „Wilden Bremsers“ nicht langsamer als ihre VG.

Vielleicht war diese Extremsituation i.S. eines Deckeneffekts auch zu schwierig, so dass Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit zwischen ZG und VG nicht mehr abgebildet werden konnten (vgl. dazu auch die Befunde zur Querregelung in Abhängigkeit der Aufgabenschwie-

<sup>57</sup> Dies passt auch zu einem hier vorweggenommenen Befund zum DR2 am ART-2020: Patienten im Stadium 1 zeichneten sich in dieser einfachen Reaktionsaufgabe durch eine geringe Entscheidungszeit und v.a. durch eine geringe Bewegungszeit aus (s. Abschnitt 8.6.4.3.7).

rigkeit sowie zum DR2 und RST3 am ART-2020 in den Abschnitten 8.4.6.2.1.2 und 8.6.4.3.6).<sup>58</sup>

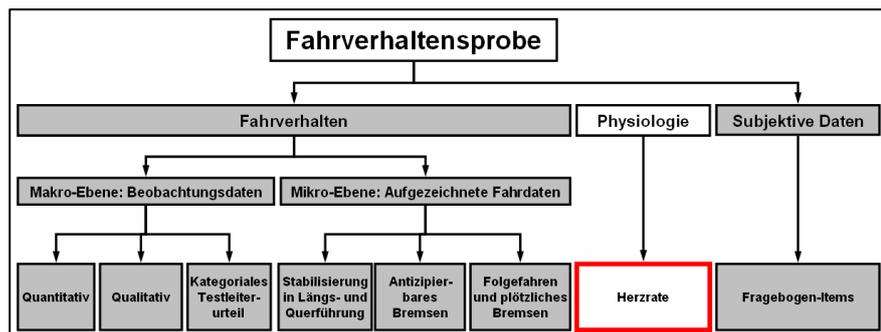
Tabelle 8.4-24: Zusammenfassung zum Folgefahren. Welche Subgruppe der ZG unterschied sich von ihrer VG?

| Parameter                       | H&Y1  | H&Y1  | H&Y2  | H&Y2  | H&Y3  | H&Y3  |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                 | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM |
| Ffz erreicht Car Follow (FVP1a) | ≤     | <<    | ≤     | <<    | ≤     | <<    |
| Ffz erreicht Car Follow (FVP2)  | <<    | <     | <<<   | <<    | <<    | <     |
| Kollision mit WB (FVP1a)        | =     | =     | =     | =     | =     | =     |
| Kollision mit WB (FVP2)         | <     | <     | ≥     | ≥     | =     | =     |
| Sek.abst. vor Bremsen (FVP2)    | =     | =     | =     | =     | =     | =     |
| Reaktionszeit (FVP2)            | =     | =     | =     | =     | =     | =     |

Anmerkung. FVP1a=Bedingung ohne Zeitdruck, FVP2=Bedingung mit Zeitdruck, Ffz=Führungsfahrzeug, WB=Wilder Bremsen.

8.4.6.3 Herzrate

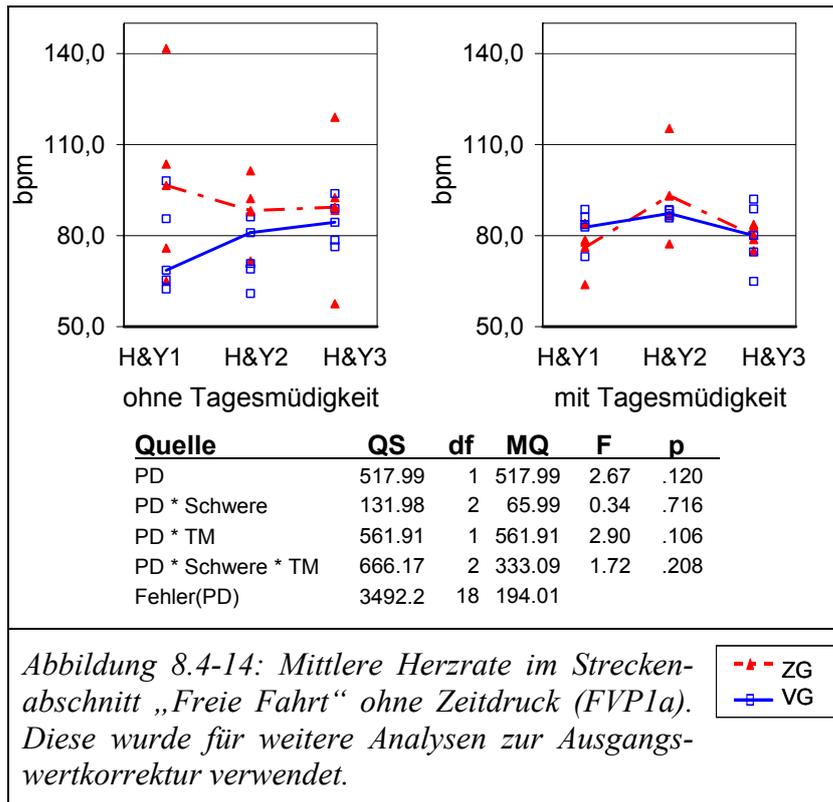
Durch die Analyse der Herzrate sollte ein objektiver Eindruck über die Beanspruchung durch die Fahrten gewonnen werden. Hierzu wurde die Veränderung der Herzrate zu einem Ausgangswert analysiert. Bei diesem Ausgangswert handelte es sich um die mittlere Herzrate in dem sehr leichten Szenario „Freie Fahrt“ ohne Zeitdruck.



Vor der Adjustierung wurde dieser Ausgangswert zunächst varianzanalytisch auf Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen kontrolliert, wobei aber keine statistisch bedeutsamen Unterschiede resultierten (s. Abbildung 8.4-14). So war die Herzrate der ZG in der „Freien Fahrt“ ohne Zeitdruck mit einem Mittelwert von 87.25bpm (SD=18.80bpm) nur deskriptiv höher als der entsprechende Mittelwert in der VG (M=80.68bpm, SD=10.70bpm). Der Effekt, dass die Herzrate der ZG ohne Tagesmüdigkeit höher war als die ihrer Vergleichsgruppe verfehlte knapp eine Tendenz (Interaktion PD x Tagesmüdigkeit: p=.106).<sup>59</sup>

<sup>58</sup> An dieser Stelle sei zudem erwähnt, dass die im Szenario „Wilder Bremser“ gemessene Reaktionszeit nicht mit der am ART-2020 erfassten Reaktionszeit in einer Einfach-Wahlreaktionsaufgabe (DR2) korrelierte (ZG: r=.003, p=.991; VG: r=-.116, p=.599).

<sup>59</sup> Eine entsprechende Analyse des Medians der Herzrate lieferte die gleichen Befunde. Ebenso resultierten bei einer Analyse der Herzraten-Variabilität keine bedeutsamen Effekte.



Für die übrigen Situationen wurde jeweils nur die um diesen Ausgangswert bereinigte Herzrate betrachtet. Kritisch ist anzumerken, dass sich alle Situationen sehr stark in ihrer Länge unterschieden, so dass die Statistiken zur Herzrate auf sehr unterschiedlichen Fallzahlen (Anzahl Schläge) basierten. Daher erfolgte keine inferenzstatistische Prüfung, sondern lediglich eine deskriptive Betrachtung, inwiefern die Herzrate in Abhängigkeit der Szenarien variierte.

Abbildung 8.4-14: Mittlere Herzrate im Streckenabschnitt „Freie Fahrt“ ohne Zeitdruck (FVP1a). Diese wurde für weitere Analysen zur Ausgangswertkorrektur verwendet.

---▲--- ZG  
 ---■--- VG

Abbildung 8.4-15 zeigt die Veränderung der

Herzrate anhand von Box-Plots unter beiden Instruktionen für eine Auswahl verschiedener Szenarien. Es wird ersichtlich, dass sich ZG und VG in der Veränderung ihrer Herzrate beim Fahren ohne Zeitdruck nicht unterschieden. Besonders beanspruchend für beide Gruppen erschienen Kreuzungen, also typische alterskritische Situationen.

Unter Zeitdruck wurden allerdings deutliche Unterschiede zwischen ZG und VG evident. So war die Herzrate in der VG fast durchgängig geringer als der Ausgangswert, was als ein üblicher Effekt der Gewöhnung an die Testsituation anzusehen ist. Jedoch zeigte sich eine solche Habituation nicht bei den Patienten: Bei ihnen war die Herzrate in vielen Situationen sogar höher als der Ausgangswert. Besonders deutlich differierten ZG und VG diesbezüglich bei den Szenarien „Freie Fahrt“, „Car Follow“, „Hindernis“, „Scharfe Kurve“, „Slalom“ und „Überholen erlaubt“ - also Situationen, in denen durch eine höhere Geschwindigkeit bzw. den Verzicht auf taktische Kompensationsbemühungen ein hoher Zeitgewinn erzielt werden konnte. Diese Befunde sprechen somit für eine deutliche Wirkung der Kompensationserschwerung auch auf physiologischer Ebene.

Betrachtete man diese Veränderung der Herzrate unter Zeitdruck in Abhängigkeit der Hoehn & Yahr-Stadien zeigte sich zudem, dass dieser Befund hauptsächlich auf die Patienten des Stadiums 2 zurückging (s. Abbildung 8.4-16), während sich der Zeitdruck im Stadium 3 erstaunlicherweise kaum auf die Herzrate auswirkte.

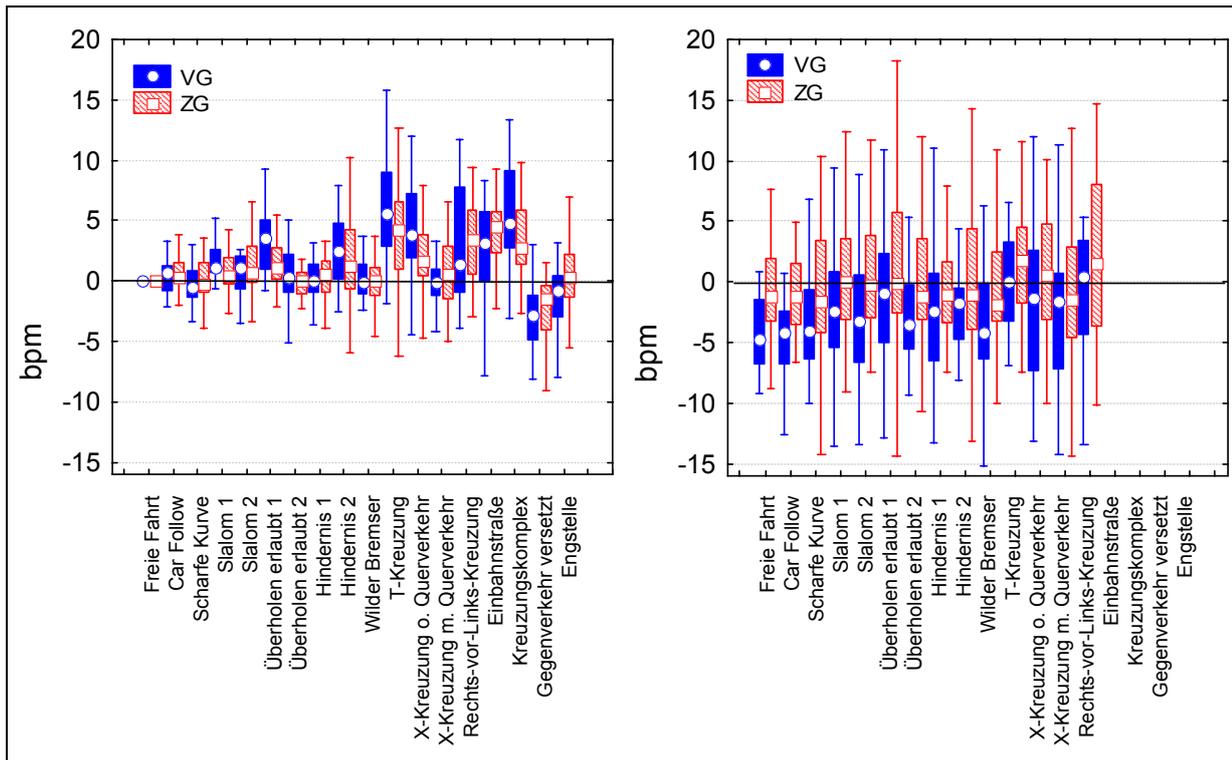


Abbildung 8.4-15: Veränderung der mittleren Herzrate (im Vergleich zum Ausgangswert) bei verschiedenen Fahraufgaben ohne (FVP1, links) und mit Zeitdruck (FVP2, rechts). Positive Werte entsprechen jeweils einer im Vergleich zum Ausgangswert erhöhten Herzrate.

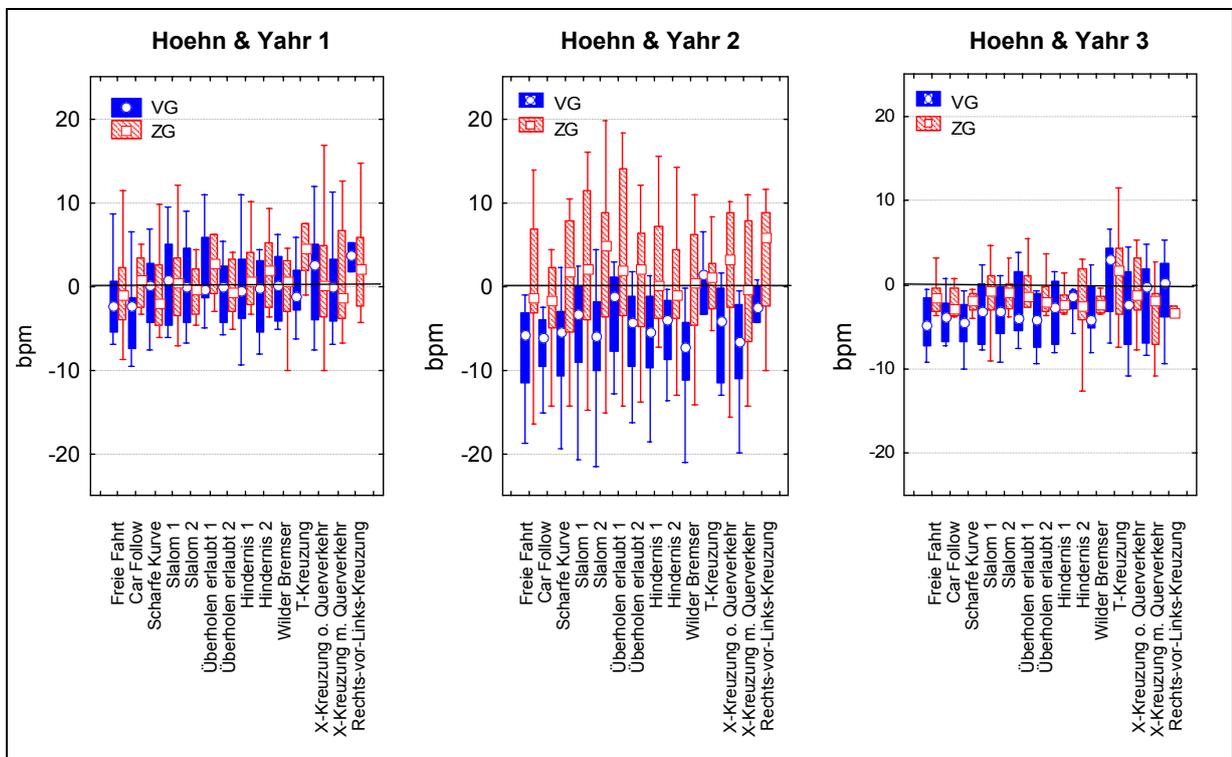


Abbildung 8.4-16: Veränderung der Herzrate zum Ausgangswert bei verschiedenen Fahraufgaben unter Zeitdruck (FVP2) in ZG und VG in Abhängigkeit der Krankheitsschwere. Positive Werte entsprechen jeweils einer im Vergleich zum Ausgangswert erhöhten Herzrate.

Bei einer Betrachtung nur in Abhängigkeit der Tagesmüdigkeit resultierten augenscheinlich keine Unterschiede: Sowohl bei den Patienten mit als auch bei den Patienten ohne Tagesmüdigkeit wirkte der Zeitdruck beanspruchender als bei der jeweiligen VG (nicht grafisch dargestellt). Eine getrennte Betrachtung aller sechs Untergruppen deutete allerdings eine 3-fach Interaktion *PD x Schwere x Tagesmüdigkeit* an. Diese wurde schließlich inferenzstatistisch überprüft, indem die um den Ausgangswert korrigierte Herzrate über die *gesamte* FVP1a bzw. FVP2 nach dem allgemeinen Auswertungskonzept getestet wurde.<sup>60</sup>

Die entsprechende Varianzanalyse lieferte für die Fahrt ohne Zeitdruck (FVP1a) erwartungsgemäß keine Signifikanzen. Jedoch resultierte für die Bedingung unter Zeitdruck (FVP2) ein signifikanter Haupteffekt *PD* ( $p=.035$ ) sowie eine tendenzielle Interaktion *PD x Schwere x Tagesmüdigkeit* ( $p=.078$ ) (s. Abbildung 8.4-17 und Tabelle 8.4-25). Nachgeschobenen t-Tests zufolge handelte es sich hier um eine disordinale Interaktion, die sich wie folgt beschreiben lässt.<sup>61</sup>

- Bei Patienten im Stadium 1 ohne Tagesmüdigkeit nahm die Herzrate eher ab, in ihrer VG eher zu.
- Bei Patienten im Stadium 1 mit Tagesmüdigkeit und v.a. bei Patienten im Stadium 2 ohne Tagesmüdigkeit nahm die Herzrate zu, während in ihren VG eine Abnahme zu beobachten war.
- Bei Patienten im Stadium 2 mit und im Stadium 3 ohne Tagesmüdigkeit zeigte sich eine schwächere Abnahme als in ihren VG.
- Bei Patienten im Stadium 3 mit Tagesmüdigkeit nahm die Herzrate in gleichem Maße ab wie in ihrer VG.

Insgesamt schienen sich also die Kosten der Kompensationserschwerung vor allem bei Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 ohne Tagesmüdigkeit physiologisch niederzuschlagen.

Entsprechend des zugehörigen t-Tests über die gesamte Stichprobe hatte der Zeitdruck keinen Einfluss auf die Veränderung der Herzrate ( $t=-0.83$ ,  $p=.416$ ). Allerdings lieferte die Varianzanalyse der aus der Veränderung der Herzrate in FVP2 und FVP1a gebildeten Differenzen einen signifikanten Haupteffekt *PD* ( $p=.014$ , s. Tabelle 8.4-25): Die Herzrate nahm bei der VG unter Zeitdruck hochsignifikant ab (nachgeschobener t-Test für abhängige Stichproben über die Veränderung zum Ausgangswert, FVP1a:  $M=0.84$ ,  $SD=1.53$  vs. FVP2:  $M=-3.53$ ,  $SD=4.99$ ;  $t=-4.92$ ,  $p<.001$ ), während in der ZG keine Veränderung zu beobachten war (FVP1a:  $M=0.51$ ,  $SD=1.80$  vs. FVP2:  $M=-0.39$ ,  $SD=5.94$ ;  $t=0.83$ ,  $p=.416$ ). Ein Einfluss von Krankheitsschwere oder Tagesmüdigkeit ließ sich hier allerdings nicht inferenzstatistisch absichern. Zumindest deskriptiv fielen aber wiederum die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 ohne Tagesmüdigkeit durch einen besonders deutlichen Unterschied zu ihrer VG auf (s. Abbildung 8.4-17).

<sup>60</sup> Auf eine grafische Darstellung dieser Interaktion in Abhängigkeit der Szenarien wurde verzichtet, da diese gegenüber der in Abbildung 8.4-17 erkennbaren Effekte keinen wesentlichen Informationsgewinn erbrachte.

<sup>61</sup> Diese t-Tests für abhängige Stichproben ergaben die folgenden Statistiken für den Vergleich der sechs Subgruppen mit ihrer jeweiligen VG:

H&Y1 o. TM:  $t=-1.65$ ,  $p=.197$ ; H&Y1 m. TM:  $t=1.00$ ,  $p=.392$ ; H&Y2 o. TM:  $t=2.72$ ,  $p=.073$ ; H&Y2 m. TM:  $t=1.43$ ,  $p=.249$ ; H&Y3 o. TM:  $t=1.48$ ,  $p=.236$ ; H&Y3 m. TM:  $t=-0.13$ ,  $p=.905$ .

Auf weitere Post-Hoc-Tests, um zu prüfen, ob sich die Herzrate (durch den Zeitdruck) *innerhalb* der einzelnen Subgruppen verändert hatte, wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Hier sei auf die deskriptivstatistische Darstellung in Abbildung 8.4-17 verwiesen.

Tabelle 8.4-25: Varianzanalysen zur Herzrate (Veränderung zum Ausgangswert) in den Streckenabschnitten FVP1a (ohne Zeitdruck) und FVP2 (mit Zeitdruck) sowie in ihrer Differenz.

| Quelle                   | Parameter                   | QS     | df | MQ     | F    | p           |
|--------------------------|-----------------------------|--------|----|--------|------|-------------|
| <b>PD</b>                | FVP1a                       | 1.31   | 1  | 1.31   | 0.51 | .484        |
|                          | <b>FVP2</b>                 | 118.26 | 1  | 118.26 | 5.19 | <b>.035</b> |
|                          | <b>Differenz FVP2-FVP1a</b> | 144.51 | 1  | 144.51 | 7.45 | <b>.014</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | FVP1a                       | 6.16   | 2  | 3.08   | 1.20 | .324        |
|                          | FVP2                        | 85.17  | 2  | 42.59  | 1.87 | .183        |
|                          | Differenz FVP2-FVP1a        | 48.64  | 2  | 24.32  | 1.25 | .309        |
| <b>PD * TM</b>           | FVP1a                       | 0.11   | 1  | 0.11   | 0.04 | .842        |
|                          | FVP2                        | 1.45   | 1  | 1.45   | 0.06 | .803        |
|                          | Differenz FVP2-FVP1a        | 2.34   | 1  | 2.34   | 0.12 | .732        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | FVP1a                       | 8.95   | 2  | 4.48   | 1.74 | .203        |
|                          | <b>FVP2</b>                 | 134.45 | 2  | 67.23  | 2.95 | <b>.078</b> |
|                          | Differenz FVP2-FVP1a        | 75.74  | 2  | 37.87  | 1.95 | .171        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | FVP1a                       | 46.22  | 18 | 2.57   |      |             |
|                          | FVP2                        | 410.29 | 18 | 22.79  |      |             |
|                          | Differenz FVP2-FVP1a        | 349.17 | 18 | 19.40  |      |             |

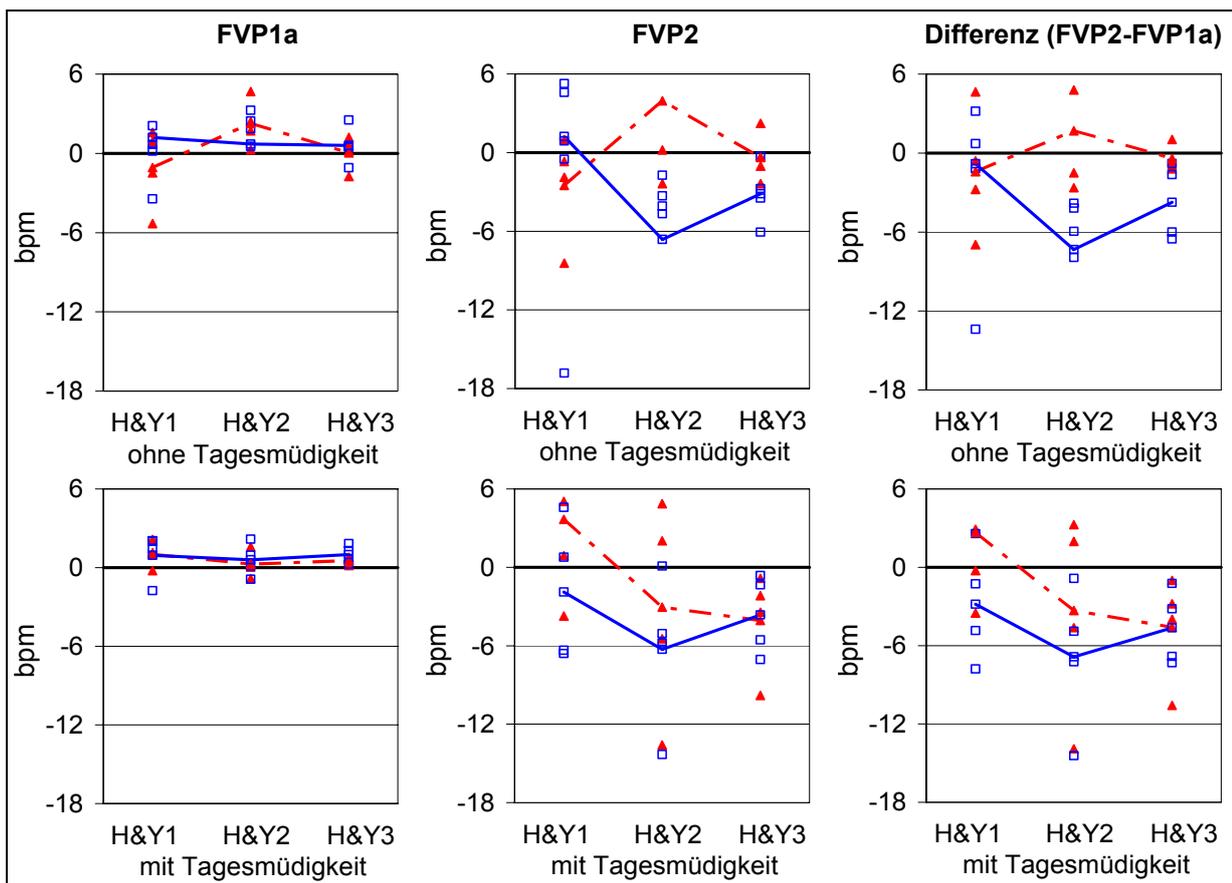
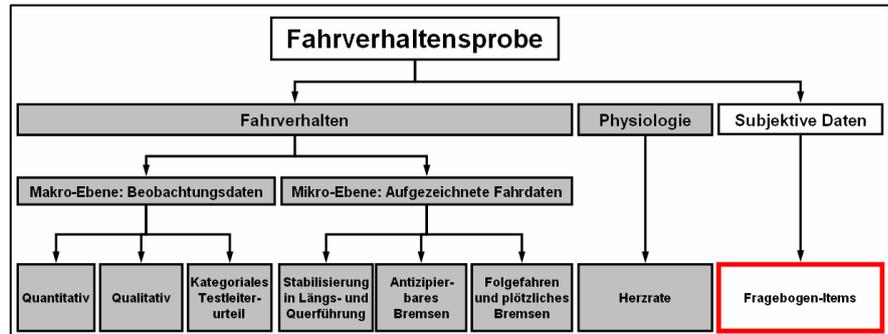


Abbildung 8.4-17: Veränderung der Herzrate zum Ausgangswert über die gesamten Streckenabschnitte FVP1a (ohne Zeitdruck) und FVP2 (mit Zeitdruck) sowie in ihrer Differenz (FVP2-FVP1a). Negative Werte bedeuten eine Abnahme der Herzrate im Vergleich zum Ausgangswert bzw. eine größere Abnahme in der FVP2 als in der FVP1a.

Zusammenfassend war also bei der VG - trotz Zeitdruck - eine Abnahme der Herzrate i.S. eines Gewöhnungseffekts zu beobachten. Bei der ZG hingegen wurde dieser Gewöhnungseffekt durch den Zeitdruck verhindert (insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 2 ohne Tagesmüdigkeit).

#### 8.4.6.4 Subjektive Daten

Die Selbsteinschätzung der Testfahrer wurde anhand ihrer Ratings auf einer 6-stufigen Kategorienskala zur Schwierigkeit der Fahrt sowie zur subjektiven Leistungsgüte beurteilt und varianzanalytisch auf Unterschiede in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale getestet.



Die zugehörigen Befunde sind in Abbildung 8.4-18 dargestellt. Demnach wurde nur die Schwierigkeit der Fahrt unter Zeitdruck von der ZG höher eingestuft als von der VG (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.004$ ; ZG:  $M=3.21$ ,  $SD=0.59$  vs. VG:  $M=2.54$ ,  $SD=0.83$ ). Dies schlug sich jedoch nicht in einer schlechteren Beurteilung der eigenen Leistungsgüte nieder (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.618$ ; ZG:  $M=3.13$ ,  $SD=0.80$  vs. VG:  $M=3.25$ ,  $SD=0.85$ ). Bei der Fahrt ohne Zeitdruck gab es keinerlei bedeutsame Unterschiede zwischen ZG und VG.

Die Analyse der aus den Ratings zu den Fahrten mit und ohne Zeitdruck gebildeten Differenzen bestätigten dieses Bild: Der über beide Gruppen durchgeführte t-Test für abhängige Stichproben ergab zunächst, dass die Fahrt mit Zeitdruck zumindest in der Tendenz schwieriger empfunden wurde als die Fahrt ohne Zeitdruck ( $t=1.91$ ,  $p=.062$ ). Allerdings unterschieden sich ZG und VG diesbezüglich voneinander (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.090$ ). Im Sinne einer ordinalen Interaktion  $Zeitdruck \times Gruppe$  erhöhte der Zeitdruck nur in der ZG ( $t=3.11$ ,  $p=.005$ ), nicht aber in der VG ( $t=0.00$ ,  $p=1.000$ ) die wahrgenommene Schwierigkeit der Fahrt.

Auf das Rating zur subjektiven Leistungsgüte hatte der Zeitdruck insgesamt keinen Einfluss ( $t=-0.63$ ,  $p=.533$ ) und dies galt sowohl für die ZG als auch für die VG in gleicher Weise (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.323$ ).<sup>62</sup>

Eine Abhängigkeit von Schweregrad oder Tagesmüdigkeit konnte bei keiner der Analysen nachgewiesen werden.

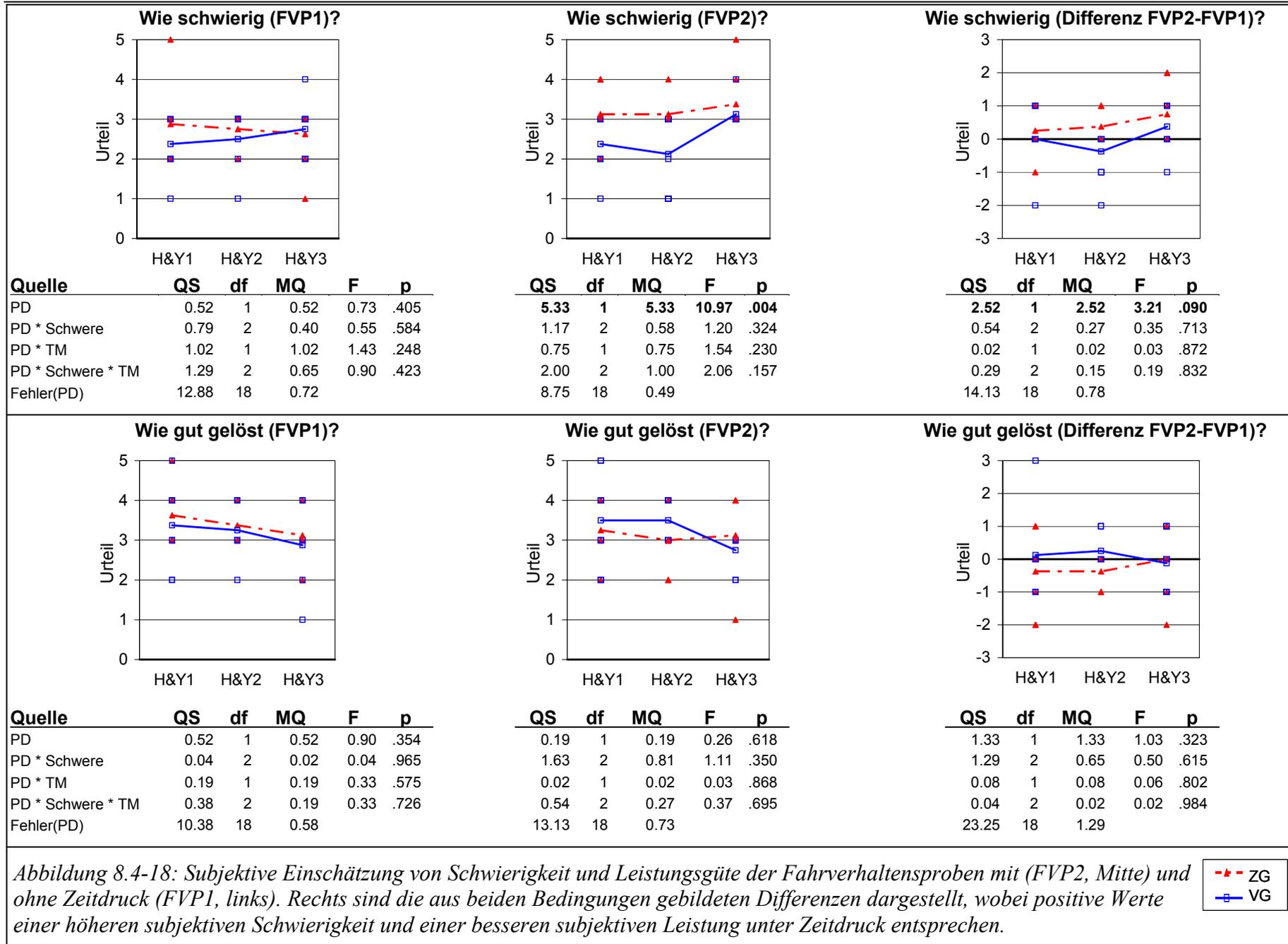
Schließlich ergab die (in Ergänzung zum allgemeinen Auswertungskonzept durchgeführte) Varianzanalyse mit dem Between-Faktor „Testleiterurteil“ über das subjektive Rating „Wie gut haben Sie die Fahraufgabe gelöst?“ für die FVP1 nur einen deskriptiven Unterschied zwischen den Gruppen ( $F(2)=1.95$ ,  $p=.154$ ; keine Auffälligkeiten:  $M=3.35$ ,  $SD=0.85$ ; vereinzelte Auffälligkeiten:  $M=3.35$ ,  $SD=0.79$ ; nicht unerhebliche/ schwerwiegende Auffälligkeiten:  $M=2.60$ ,  $SD=0.55$ ).

<sup>62</sup> An dieser Stelle ist aber zu berücksichtigen, dass nur die erste Hälfte der FVP1 wiederholt wurde. Somit war diese fast doppelt so lange wie die FVP2 und enthielt zusätzliche Fahraufgaben (v.a. Knotenpunkte). Daher erscheinen die subjektiven Urteile nur bedingt vergleichbar bzw. die daraus gebildeten Differenzen nur bedingt interpretierbar.

In einer entsprechenden Analyse des subjektiven Urteils zur FVP2 resultierte zumindest eine Tendenz ( $F(2)=2.80$ ,  $p=.071$ ): So beurteilten (laut Testleiterurteil) erheblich auffällige Testfahrer ihre Leistung unter Zeitdruck signifikant schlechter als unauffällige ( $p=.029$ ) und auch schlechter als vereinzelt auffällige Fahrer ( $p=.030$ ). Allerdings war dieser Unterschied deskriptiv betrachtet nur schwach ausgeprägt (keine Auffälligkeiten:  $M=3.27$ ,  $SD=0.78$ ; vereinzelt Auffälligkeiten:  $M=3.29$ ,  $SD=0.77$ , nicht unerhebliche/ schwerwiegende Auffälligkeiten:  $M=2.40$ ,  $SD=0.89$ ).

Zwar hielt keiner der fünf erheblich auffälligen Patienten seine Leistung für gut oder sehr gut, kritischerweise gaben aber jeweils (pro Fahrt) drei von ihnen die Kategorie „mittel“ an. Nur eine der fünf wählte das Urteil „sehr schlecht“ und dies auch nur für die Fahrt unter Zeitdruck.

Insgesamt erwies sich die Selbsteinschätzung also nicht als geeignetes Kriterium zur Beurteilung der objektiven Fahrleistung, da sich die Leistungsunterschiede zwischen ZG und VG nicht in deren Selbsturteil widerspiegelten. Trotz ihrer doch deutlichen Beeinträchtigungen beurteilten die Patienten ihre Leistung - wie die gesunden Testfahrer - im Durchschnitt als „mittel“ bis „gut“. Allenfalls unter Zeitdruck gestanden laut Testleiterurteil erheblich auffällige Testfahrer eine etwas schlechtere Leistung ein als die übrigen Testfahrer, wobei mehr als die Hälfte von ihnen auf der Rating-Skala zur subjektiven Leistungsgüte noch die Kategorie „mittel“ wählten. Zumindest räumten die Patienten der Fahrt unter Zeitdruck aber eine höhere Schwierigkeit ein als die gesunden Testfahrer.



### 8.4.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Fahrverhaltensprobe

In Übereinstimmung mit den Befunden der Literatur wurden auch hier deutliche Beeinträchtigungen im Fahrverhalten der Parkinson-Patienten evident. So wurde bei der ZG eine höhere Gesamtfehlerzahl registriert, wobei Fehler

- aufgrund einer Behinderung oder Gefährdung anderer (insbesondere bei Tagesmüdigkeit und im Hoehn & Yahr-Stadium 2),
- Fehler wegen einer stark verlangsamten Fahrweise und
- Blinkfehler (insbesondere bei Tagesmüdigkeit und im Hoehn & Yahr-Stadium 1)

bei Parkinson-Patienten signifikant häufiger auftraten als in der VG. Besonders deutliche Beeinträchtigungen zeigten sich auch in der Querführung und dies sowohl auf der Makro- (beobachtete Fehler wegen Abkommens von der Fahrbahn) als auch auf der Mikro-Ebene (SDLP). Ein bedeutsamer Zusammenhang zwischen den Beeinträchtigungen in der Querführung und der Krankheitsschwere konnte zwar nachgewiesen werden, wurde aber durch die Art der Aufgabe moderiert. So nahm der Unterschied zwischen den Schweregraden mit zunehmender Aufgabenschwierigkeit ab, bis schließlich bei sehr hoher Aufgabenschwierigkeit („Slalom“) auch die Unterschiede zwischen ZG und VG verschwanden, was möglicherweise einen Deckeneffekt darstellte. Diese moderierende Wirkung von Art und Schwierigkeit der Fahraufgabe könnte die inkonsistenten Befunde der Literatur zum Zusammenhang zwischen Krankheitsschwere und Fahrtauglichkeit erklären.

Entscheidungsfehler wie Verstöße gegenüber Vorrangregeln, falsches Einordnen oder Navigationsfehler - als Hinweis auf ein schlechteres Situationsverständnis - traten bei den Patienten nicht häufiger auf als bei gesunden Testfahrern.

Abgesehen von ihrer Neigung zu einer stark verlangsamten Fahrweise zeigten sich auch in der Längsführung keine Unterschiede, die nicht i.S. kompensatorischer Bemühungen als positiv zu werten waren (s. unten). So konnten weder bei einem plötzlichen Bremsmanöver („Wilder Bremsen“) noch bei einem antizipierbarem Bremsmanöver („Hindernis“) sicherheitskritische Unterschiede zu Lasten der ZG in der Längsregelung nachgewiesen werden. Insbesondere unterschieden sich ZG und VG nicht in ihrer Reaktionszeit auf das plötzlich bremsende Führungsfahrzeug. Gleiches gilt für Fehler im Längsabstand.

Insgesamt betrafen damit die eher psychomotorisch als kognitiv bedingten Schwierigkeiten der Patienten weniger die kontrollierte Ebene des Fahrens, sondern vorwiegend die Ebene der Stabilisierung bzw. Automatismen in der Querführung.

Durch die Einführung der Bedingung „Zeitdruck“ ist es gelungen, deutliche kompensatorische Bemühungen auf Seiten der Parkinson-Patienten zu belegen. Diese zeigten sich ebenfalls auf der Ebene der Stabilisierung, aber auch auf der kontrollierten Ebene. So fuhren die Patienten signifikant langsamer und hatten bei Zeitdruck einen signifikant größeren Zeitgewinn als die gesunden Testfahrer - wobei sie deren Geschwindigkeit aber dennoch nicht erreichten. Zudem vermieden sie (insbesondere im Hoehn & Yahr-Stadium 2) Überholmanöver und Situationen des Folgefahrens. So war es nahezu unmöglich, Letzteres bei den Patienten überhaupt zu realisieren.

Der höhere Zeitgewinn der Patienten war aber auch mit einem höheren Fehlerzuwachs verbunden, was wiederum den Nutzen ihrer kompensatorischen Bemühungen belegte. Passend zu ihren Schwierigkeiten in der Fahrt ohne Zeitdruck, wirkte sich dieser bei den Patienten primär beeinträchtigend auf die Stabilisierungsebene (Spurhaltung) aus. Auffällig war, dass die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 hinsichtlich der Beeinträchtigungen in der Querführung in der Fahrt ohne Zeitdruck eher mit den Patienten im Stadium 1, in der Fahrt mit

Zeitdruck dagegen eher mit den Patienten im Stadium 3 vergleichbar waren. Ebenso war das Erreichen des „Wilden Bremsers“, das nur unter Zeitdruck bei allen Patienten geglückt war, allenfalls im Stadium 2 mit einer leicht erhöhten Kollisionsrate verbunden. Insgesamt schienen also v.a. die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 von ihren kompensatorischen Bemühungen zu profitieren.

Schließlich war die Kompensationserschwerung nicht nur auf der Verhaltens-/ Leistungsebene, sondern auch auf physiologischer und subjektiver Ebene nachweisbar: So zeigte sich bei den Patienten in der zweiten Fahrt (mit Zeitdruck) - anders als bei den gesunden Testfahrern - kein Abfall der Herzrate i.S. einer Habituation an die Testsituation. Insbesondere betraf auch dies vor allem Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 (ohne Tagesmüdigkeit). Auf subjektiver Ebene äußerte sich die Kompensationserschwerung dadurch, dass die Patienten die Fahrt mit Zeitdruck (nicht aber die Fahrt ohne Zeitdruck) signifikant schwieriger einstufen als die gesunden Testfahrer.

Dieser Unterschied in der wahrgenommenen Schwierigkeit spiegelte sich jedoch trotz deutlicher Leistungsunterschiede nicht in der Einschätzung der eigenen Leistungsgüte wider. So beurteilten die Patienten ihre Leistung wie die gesunden Testfahrer im Durchschnitt als „mittel“ bis „gut“.

Entsprechend dem Urteil der Testleiter waren die Beeinträchtigungen bei fünf Patienten (2 x Hoehn & Yahr 2, 3 x Hoehn & Yahr 3) so stark, dass die Fahrtauglichkeit angezweifelt wurde. Diese beurteilten aber allenfalls ihre Leistung unter Zeitdruck schlechter als die übrigen Testfahrer, wobei mehr als die Hälfte von ihnen ihre Leistung trotzdem für „mittel“ hielten.

Insgesamt bestätigte die hohe Variabilität der Daten die Notwendigkeit einer Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten am Einzelfall. Zwar bestanden teilweise bedeutsame Zusammenhänge zu Krankheitsschwere, Tagesmüdigkeit und auch zur Selbsteinschätzung, zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit erwiesen sich diese Variablen jedoch als unzureichend. Ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2 scheint vielmehr die Fähigkeit zur Kompensation krankheitskorrelierter Beeinträchtigungen ein entscheidendes Kriterium zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten darzustellen.

## 8.5 Vigilanzfahrt im Fahrsimulator

Die Vigilanzfahrt war primär auf die aktivationale Ebene der Fahraufgabe und damit auf die besondere Problematik der Tagesmüdigkeit von Parkinson-Patienten ausgerichtet. So sollten hier v.a. Leistungsveränderungen über die Zeit (Time-on-Task-Effekte) sowie die Einschätzung und Aufrechterhaltung des eigenen Zustands untersucht werden.



Dazu wurde eine Fahrt unter extremer Monotonie gestaltet, die nach der Leistungstestbatterie am ART-2020 und einer warmen Mahlzeit im Mittagstief durchgeführt wurde. Es handelte sich um eine simulierte Nachtfahrt, in der die Testfahrer über 92km einem Fahrzeug folgen sollten, das maximal 80km/h fuhr. Zusätzlich war eine akustische Nebenaufgabe zu bearbeiten.

Ziel war es, die Strecke so zügig wie möglich, aber auch fehlerfrei und vor allem ohne Einschlafereignisse zu durchfahren (s. Instruktion in Anhang 1.1.3 bzw. 1.1.4). Um Einschlafereignisse zu verhindern, wurde den Testfahrern angeboten, in Zeitpunkt und Häufigkeit frei wählbare Pausen von drei Minuten einzulegen. So war diese Inanspruchnahme von Pausen als ein Verhaltensmaß für den Einsatz kompensatorischer Bemühungen auf strategischer Ebene anzusehen. Die Einschlafereignisse wurden per Lidschluss erfasst, die Inanspruchnahme von Pausen dokumentierte der Testleiter. Zusätzlich beurteilte der Testleiter in regelmäßigen Abständen den Wachheitsgrad der Testfahrer.

Subjektive Daten zur Einschätzung der Schläfrigkeit standen aus regelmäßigen Online-Befragungen zur Verfügung. Zudem beurteilten die Testfahrer ihren Zustand vor und nach der Fahrt anhand der Stanford Sleepiness Scale (SSS; Hoddes et al., 1996). Die subjektive Leistungsgüte sowie die subjektive Beanspruchung durch die Strecke wurden nach der Fahrt per Fragebogen erfasst.

Die primären Beurteilungskriterien der Vigilanzfahrt waren

- auf der Leistungsebene die Bewältigung der Stabilisierungsaufgabe (Spurhaltung, Geschwindigkeits- und Abstandsverhalten) insgesamt sowie in ihrer Veränderung im Verlauf der Fahrt und
- auf der Zustandsebene das Auftreten von Einschlafereignissen.

Zusätzlich sollte die Bewältigung der Nebenaufgabe einen Eindruck über die Vigilanz der Testfahrer geben.

Insgesamt galt es durch diese monotone Fahrt die folgenden Fragen zu beantworten:

- Zeigen sich bei Parkinson-Patienten in der Bewältigung der Fahr- und Nebenaufgabe stärkere Leistungseinbußen i.S. von Time-on-Task-Effekten als bei gesunden Testfahrern? Welche Rolle spielen dabei Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit?
- Schlafen Patienten häufiger ein als gesunde Testfahrer? Schlafen Patienten mit Tagesmüdigkeit besonders häufig ein?
- Können Patienten ihre Beeinträchtigungen durch Pausen kompensieren, also Einschlafereignisse durch adäquates Verhalten (Pausieren) verhindern?

- Unterscheiden sich Patienten und gesunde Testfahrer in der subjektiven Einschätzung ihres Zustands, ihrer Leistungsgüte und ihrer Beanspruchung durch die Fahrt?

### 8.5.1 Gestaltung von Fahr- und Nebenaufgabe

Bei der Vigilanzfahrt handelte es sich um eine simulierte Nachtfahrt auf einer Landstraße mit sanften Kurven (Krümmungen zwischen 1/600m und 1/1200m) ohne Knotenpunkte. Die Strecke setzte sich aus einem Messbeginn von 2km sowie zwei alternierenden Abschnitten, die im Kreis durchfahren wurden, zusammen: einem 20km langen Messabschnitt und einem 4km langen Abschnitt, in dem die Online-Befragung stattfand. Der Messabschnitt sollte viermal durchfahren werden, nach dem vierten Messabschnitt wurde noch die letzte Online-Befragung durchgeführt, dann wurden die Testfahrer instruiert anzuhalten. Insgesamt war die Strecke also 92km lang (exkl. Messbeginn und letzter Online-Befragung).

Während der gesamten Fahrt sollten die Testfahrer einem Führungsfahrzeug folgen. Dabei herrschte Überholverbot. Weil aus den Trainingsfahrten und aus Vorversuchen bekannt war, dass insbesondere die Patienten Situationen des Folgefahrens durch eine geringe Geschwindigkeit und/ oder enorme Sicherheitsabstände vermieden (s. dazu auch Abschnitt 8.4.6.2.3.1), wurde das Führungsfahrzeug hier wie folgt mit dem Ego-Fahrzeug synchronisiert:

- Bei einem Abstand von weniger als 70m fuhr das Führungsfahrzeug 80km/h. Diese Geschwindigkeit erschien als Kompromiss: Sie sollte auch für eher langsame Fahrer noch zu bewältigen, für schnellere Fahrer aber nicht allzu langsam sein.
- Ließen die Testfahrer eine Entfernung von 70m zum Führungsfahrzeug zu, bremste dieses auf die Geschwindigkeit des Ego-Fahrzeugs herunter. Der Abstand von 70m wurde gewählt, weil das Führungsfahrzeug in dieser Distanz gerade noch sichtbar war.
- Nahmen die Testfahrer eine 3-Minuten-Pause in Anspruch, blieb auch das Führungsfahrzeug stehen.

Auf diese Weise war gewährleistet, dass die Situation des Folgefahrens in jedem Fall erhalten blieb.

Bei der Nebenaufgabe handelte es sich um eine akustische Vigilanzuhr. Alle 1.7sek erklang ein Ton, wobei in zufälligen Abständen bzw. in 15% der Fälle ein Ton ausgelassen wurde. Jeder fehlende Ton sollte vom Testfahrer durch Drücken einer Taste am Lenkrad markiert werden. Ziel war, möglichst keinen ausgelassenen Ton zu verpassen. Die Testfahrer wurden aber darauf hingewiesen, dass die Fahraufgabe Vorrang hatte (s. Instruktion in Anhang 1.1.3 bzw. 1.1.4).

Wann immer und so oft sie wollten, konnten die Testfahrer dreiminütige Pausen einlegen, um Einschlafereignisse zu verhindern. Während dieser Pausen musste zwar die Nebenaufgabe nicht beachtet werden, das Fahrzeug durfte allerdings nicht verlassen werden. Da die Pausen als Ausdruck eines verantwortungsbewussten Umgangs mit Müdigkeit bzw. einer adäquaten Selbsteinschätzung gewertet und nicht in ihrer Effizienz gegen Müdigkeit untersucht wurden, sollte auf diese Weise eine zu aktivierende Wirkung der Pausen vermieden werden. Nach Ablauf von drei Minuten befragten die Testleiter die Probanden per Mikrofon zu ihrem Zustand und forderten sie auf, weiterzufahren.

Die Testfahrer durften die Fahrt auch auf eigenen Wunsch vorzeitig abbrechen. Dass ein vorzeitiger Abbruch des Versuchs - wie auch eine Inanspruchnahme der 3-Minuten-Pausen - im Hinblick auf die Selbsteinschätzung positiv gewertet wurde, wurde den Testfahrern allerdings nicht explizit mitgeteilt.

### 8.5.2 Auswahl und Aufbereitung der aufgezeichneten Daten

Über die Simulation wurden verschiedene Parameter zum Fahrverhalten, die Leistung in der Nebenaufgabe und der Lidschluss mit einer Tastrate von 100Hz aufgezeichnet.

Zur Vorbereitung der in Abschnitt 8.5.5 beschriebenen Analysen wurden diese aufgezeichneten Daten zunächst minutenweise aggregiert. Da die Probanden unterschiedliche Fahrtdauern hatten (von 59min bis 107min) und manche Patienten die Fahrt tatsächlich vorzeitig abbrachen, erfolgte der Vergleich nicht basierend auf den ursprünglich im Versuchsablauf realisierten vier Abschnitten, sondern aufgrund einer Aufteilung in vier gleich lange Teile für jeden Probanden, was somit pro Testfahrer mit leicht divergierenden Zeiten verbunden war (14-26min).

Aus dieser minutenweise aggregierten Datei wurden unter Ausschluss des Messbeginns, der Pausen und der Abschnitte mit Online-Befragung<sup>63</sup> zwei neue Dateien gebildet, die schließlich zur Auswertung herangezogen wurden:

- eine über alle Minuten aggregierte Datei zur Analyse von Unterschieden zwischen den Versuchsgruppen in der gesamten Fahrt und
- eine Datei zur Analyse von Time-on-Task-Effekten, in der die Minuten für jedes Viertel der Fahrt getrennt aggregiert waren.

Im Hinblick auf die Fahrleistung wurden dabei die folgenden Variablen betrachtet:

- Längsführung: Mittelwert und Standardabweichung der Geschwindigkeit, mittlerer Sekundenabstand zum Führungsfahrzeug
- Querführung: Anzahl Spurverlassen rechts, % der Zeit ohne Abkommen rechts, Anzahl Spurverlassen links, % der Zeit ohne Abkommen links, Anzahl Abkommen vom 80%-Spurkanal, % der Zeit im 80%-Spurkanal, SDLP.<sup>64</sup>

Da Kollisionen mit dem Gegenverkehr bei einem Spurverlassen nach links von der Simulation nicht aufgezeichnet wurden, wurde ex post eine entsprechende, dichotome Variable (keine vs. mindestens eine Kollision mit dem Gegenverkehr) anhand der vom Versuchsleiter dokumentierten Beobachtungen gebildet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sollen diese Kollisionen aber zusammen mit den aufgezeichneten Daten behandelt werden. Die Daten zur Längsführung wurden zudem durch die vom Testleiter notierte Fahrtdauer ergänzt.

Zur Beurteilung der Leistung in der Nebenaufgabe wurde die Anzahl von Missings aufgezeichnet.

Einschlafereignisse wurden als Lidschlüsse mit einer Dauer von mehr als 1sek definiert. Dabei wurde der kontinuierliche Verlauf des Augenlidabstands nach einem induktiven Aufnehmer-Prinzip über zwei Drahtspulen erhoben, die an das linke Ober- und Unterlid der Testfahrer geklebt wurden. An der oberen Spule lag ein minimaler Induktionsstrom mit Wechselspannung an. Verringerte sich der Abstand vom unteren zum oberen Augenlid, so konnte eine Veränderung der Spannung an der unteren Spule abgegriffen werden. Der Abstand der Au-

---

<sup>63</sup> Von den je 4km langen Streckenabschnitten zur Online-Befragung wurden nur die Minuten ausgeschlossen, in denen tatsächlich mit den Testfahrern gesprochen wurde.

<sup>64</sup> Wie auch in der Fahrverhaltensprobe wurde ein Abkommen von der Fahrbahn dann als ein solches gewertet, wenn die Reifen des Ego-Fahrzeugs die Fahrbahnbegrenzungslinien vollständig überfuhren. Bei einer Spurbreite von 3.50m, einer Fahrzeugbreite von 1.90m und einer Reifenbreite von 15cm setzte dies wiederum eine Abweichung des Fahrzeugschwerpunktes von der Spurmitte um mindestens 90cm voraus.

genlider konnte dadurch analog in einem Bereich von -10 Volt bis +10 Volt dargestellt werden. Zusätzlich war die Möglichkeit der Kalibrierung des Signals gegeben, wodurch vor Versuchsbeginn der Wertebereich des Signals auf individuelle Gegebenheiten (z.B. Augenform) angepasst werden konnte. Um ein möglichst sauberes Signal zu erhalten, wurden die Spiegel und auch der Tacho ausgeschaltet (Vermeidung von Spiegel- und Tachoblicken).<sup>65</sup>

Da zur Symptomatik des M. Parkinson auch ein vermindertes Lidschlussverhalten zählt (vgl. Conrad & Ceballos-Baumann, 2005, und Abschnitt 3.2.1) und derzeit noch keine empirischen Studien vorliegen, ob der von Hargutt (2003) entwickelte Lidschluss-Index zur Einteilung von Müdigkeitsstadien auf Parkinson-Patienten übertragbar ist, wurde dieser hier nicht zur Auswertung herangezogen. Eine Lidschlussdauer von mehr als 1sek ist aber als ein sehr hartes bzw. konservatives Kriterium für Einschlafereignisse anzusehen.

Um die unterschiedlichen Fahrtdauern zu kontrollieren, wurden bei den Auftretenshäufigkeiten kritischer Events (Abkommen rechts, Abkommen links, Missings in der Nebenaufgabe) nicht deren absolute Werte, sondern die an der Anzahl der gefahrenen Minuten relativierten Werte herangezogen. Bei den Einschlafereignissen wurde dies nicht getan, da sie insgesamt zu selten aufgetreten waren. Gleiches gilt für Kollisionen mit dem Gegenverkehr.

### 8.5.3 Online-Beobachtung durch den Testleiter

Neben Kollisionen mit dem Gegenverkehr und der Inanspruchnahme von Pausen sollte der Testleiter auch seine Eindrücke zur Schläfrigkeit der Probanden dokumentieren.

So beurteilte er den Zustand der Testfahrer viermal bzw. alle 20km anhand der in Tabelle 8.5-1 dargestellten Kategorienunterteilungs-Skala. Um eine Beeinflussung durch die subjektiven Angaben der Testfahrer zu vermeiden, fand diese Einschätzung jeweils unmittelbar vor der Online-Befragung statt.

*Tabelle 8.5-1: Kategorienunterteilungs-Skala zur Online-Beurteilung des Zustands der Probanden durch den Testleiter.*

| 0                                                                     | 1                                                         | 2 | 3 | 4                                      | 5 | 6 | 7                                    | 8 | 9 | 10                       |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---|---|----------------------------------------|---|---|--------------------------------------|---|---|--------------------------|
| keinerlei Anzeichen von Müdigkeit, vital, aufmerksam, vollkommen wach | reduzierte Aufmerksamkeit, gelangweilt, vigilanzgemindert |   |   | müde, dösig, einige Müdigkeitssymptome |   |   | schläfrig, starke Müdigkeitssymptome |   |   | eingeschlafen/weggenickt |

### 8.5.4 Selbsteinschätzung

Um die Güte der Selbsteinschätzung der Probanden zu erfassen, stellte ihnen der Testleiter ebenfalls viermal bzw. alle 20km über Mikrofon die folgenden Fragen mit folgenden Antwortvorgaben:

- Sind Sie in den letzten Minuten eingeschlafen oder weggenickt? ja - nein - beinahe
- Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie in den nächsten paar Minuten einschlafen? sehr unwahrscheinlich - unwahrscheinlich - möglich - wahrscheinlich - sehr wahrscheinlich (vgl. Reyner & Horne, 1998).

<sup>65</sup> Den Testfahrern wurde erläutert, dass sie weder die Spiegel noch den Tacho während der Fahrt brauchen würden, da sie sich stets an einem vorausfahrenden Fahrzeug orientieren könnten, das sie nicht überholen durften (s. Instruktion in Anhang 1.1.3 bzw. 1.1.4).

Genau diese Fragen sollten die Testfahrer auch nach jeder in Anspruch genommenen Pause beantworten, wobei sie zusätzlich den Grund für die Pause angeben sollten.

Vor und nach der Fahrt stufen die Testfahrer ihren Zustand ferner anhand der SSS nach Hoddes et al. (1996) ein (s. Tabelle 8.5-2).

*Tabelle 8.5-2: Stanford Sleepiness Scale (SSS) nach Hoddes et al. (1996).*

|                                                                                                                                                                                          |                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Wählen Sie bitte diejenige Aussage, die am besten den Grad ihrer Schläfrigkeit (bzw. Wachheit) beschreibt. Zutreffendes bitte ankreuzen. Bitte nur ein Kästchen ankreuzen!</b></p> |                                                                          |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                 | 1. Fühle mich aktiv und vital; aufmerksam; vollkommen wach.              |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                 | 2. Bin voll da, jedoch nicht auf dem Höhepunkt; kann mich konzentrieren. |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                 | 3. Entspannt; wach; nicht voll aufmerksam, ansprechbar.                  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                 | 4. Etwas dösig; nicht auf dem Höhepunkt; etwas schlapp.                  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                 | 5. Dösig; verliere das Interesse, wach zu bleiben; verlangsamt.          |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                 | 6. Schläfrig; möchte mich hinlegen; kämpfe gegen den Schlaf; benebelt.   |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                 | 7. Fast träumend; schlafe bald ein; kein Bemühen mehr, wach zu bleiben.  |

Wie bei der Fahrverhaltensprobe wurden die subjektive Beanspruchung und die subjektive Leistungsgüte nach der Fahrt anhand der in Tabelle 8.5-3 dargestellten Fragebogen-Items beurteilt.

*Tabelle 8.5-3: Fragebogen-Items zur Erfassung der subjektiven Beanspruchung und der subjektiven Leistungsgüte in der Vigilanzfahrt.*

|                                           |                                                                |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Wie schwierig war die Fahraufgabe?        | gar nicht - sehr wenig - wenig - mittel - schwer - sehr schwer |
| Wie gut haben Sie die Fahraufgabe gelöst? | gar nicht - sehr schlecht - schlecht - mittel - gut - sehr gut |

Zusätzlich wurde hier per Fragebogen erfasst, wie sehr die Strecke durch die folgenden Belastungsdimensionen nach Buld (2001) gekennzeichnet war:

- **Mentaler Bereich:** Entscheiden müssen, Mehrfach Tätigkeiten ausführen, in Zusammenhängen denken und Aufgaben präzise ausführen
- **Energetischer Bereich:** Monotonie ertragen und körperlichen Anforderungen standhalten
- **Emotionaler Bereich:** Unter Unsicherheitsbedingungen handeln und lästigen Anforderungen standhalten.

Diese Einschätzung erfolgte für jede der Dimensionen anhand einer 6-stufigen Kategorialskala (gar nicht vs. sehr wenig vs. wenig vs. mittel vs. stark vs. sehr stark).

### 8.5.5 Auswertung

Grundsätzlich sollten alle Parameter, die in Abbildung 8.5-1 aufgeführt sind, auf differenzierende Merkmale zwischen den Versuchsgruppen untersucht werden. Die Wirkung der Fahrt

auf die Fahrleistung und die Bewältigung der Nebenaufgabe (i.S. von Time-on-Task-Effekten) wurde zunächst an der gesamten Stichprobe getestet, indem jeweils das erste mit dem letzten Viertel der Fahrt verglichen wurde (t-Tests für abhängige Stichproben).

Ob die Fahrt auf ZG und VG unterschiedlich wirkte, wurde anschließend

- durch den Vergleich von getrennten Analysen zum ersten und zum letzten Viertel sowie
- durch die Analyse der aus diesen beiden Vierteln gebildeten Differenzen geprüft (Varianzanalysen nach dem allgemeinen Auswertungskonzept).

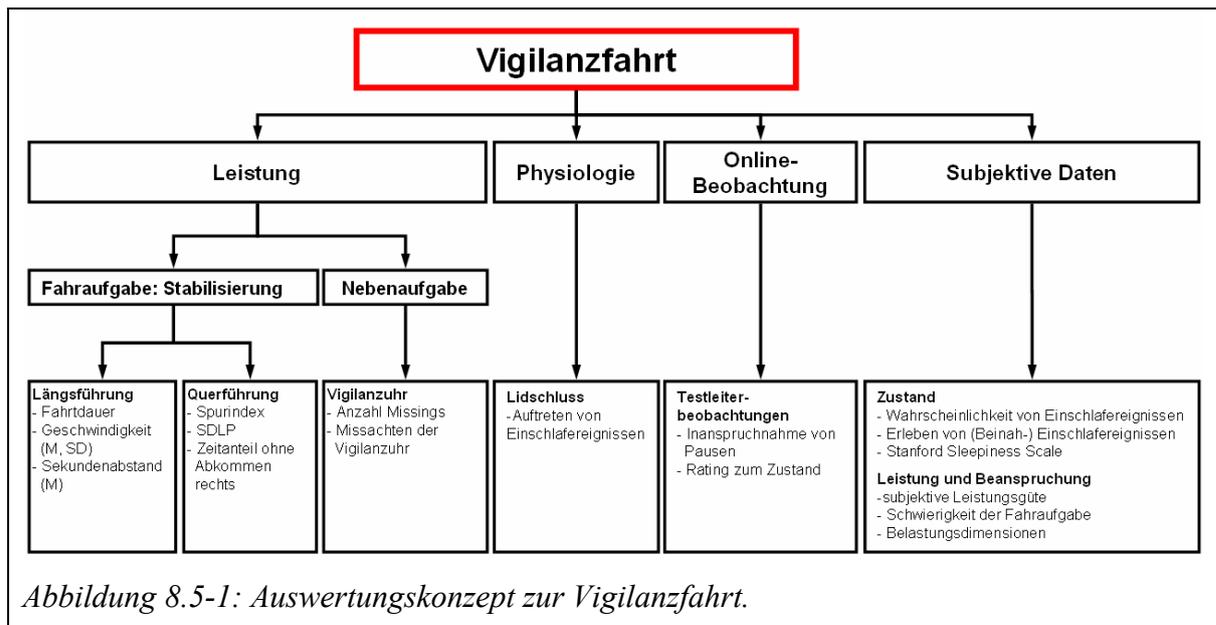


Abbildung 8.5-1: Auswertungskonzept zur Vigilanzfahrt.

Falls nicht anders beschrieben, erfolgte die Auswertung also in Übereinstimmung mit dem allgemeinen Auswertungskonzept, so dass die statistischen Verfahren im Folgenden wieder nur grob skizziert werden. Das konkrete Vorgehen wird zudem aus der Ergebnisdarstellung ersichtlich werden.

Im Hinblick auf die Fahrleistung wurden zur Beurteilung der Längsführung (neben der durch die Beobachter dokumentierten Fahrtdauer)

- die mittlere Geschwindigkeit,
- deren Standardabweichung<sup>66</sup> sowie
- der mittlere Sekundenabstand zum Führungsfahrzeug

zunächst bezogen auf die gesamte Fahrt und anschließend in ihrer Veränderung vom ersten bis zum letzten Viertel analysiert.

Da - aus Gründen der Übersichtlichkeit - nicht alle in Abschnitt 8.5.2 genannten Parameter ausgewertet wurden, wurde die Spurhaltung in der gesamten Fahrt vorab anhand eines zusammenfassenden Spurindex bewertet. Hierzu wurden die Variablen *SDLP*, *Anzahl Abkommen vom 80%-Spurkanal*, *Anzahl Abkommen rechts* und *Anzahl Abkommen links* per Median-Split dichotomisiert. Als Spurindex aufsummiert wurde dann die Anzahl von Variablen, bei

<sup>66</sup> als Mittelwert aus den Standardabweichungen pro Minute

denen die Testfahrer schlechter abgeschnitten hatten als 50% aller Testfahrer. Aufgrund ihrer besonderen sicherheitskritischen Relevanz wurden aber der Wert für das Rechtsabkommen und bei Kollisionen mit dem Gegenverkehr auch das Linksabkommen doppelt gewichtet, weil dies besonders sicherheitskritische Ereignisse waren. Insgesamt konnte also ein Maximalwert von 6 erreicht werden. Zur einzelnen Analyse und zur Prüfung von Time-on-Task-Effekten auf die Spurhaltung wurden schließlich nur

- die SDLP<sup>67</sup>,
- der Prozentanteil der Zeit ohne Abkommen von der Fahrbahn nach rechts<sup>68</sup> sowie
- das Abkommen nach links bei Gegenverkehr (gar nicht vs. mindestens einmal)

herangezogen.

Zur Beurteilung der Leistung in der Nebenaufgabe wurde die Anzahl von Missings<sup>69</sup> analysiert. Da sich aber schon während der Erhebung gezeigt hatte, dass einige Testfahrer die Vigilanzuhr im Verlauf der Fahrt gar nicht mehr beachteten, wurde zusätzlich die dichotome Variable „Nebenaufgabe in mindestens einem Viertel der Fahrt nicht bearbeitet“ analysiert.

Die Variablen „Einschlafereignisse“ und „Pausen“ wurden ebenfalls dichotomisiert (gar nicht vs. mindestens einmal) und durch Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln auf Zusammenhänge zu den Gruppierungsmerkmalen getestet.

Der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Einschlafereignissen und der Inanspruchnahme von Pausen (oder eines Versuchsabbruchs) sollte einen Eindruck über die Güte des Umgangs mit Müdigkeit liefern. Dazu wurden alle Testfahrer betrachtet, die *entweder* eingeschlafen waren *und/ oder* eine Pause eingelegt bzw. den Versuch vorzeitig abgebrochen hatten. Anschließend wurde eine 3-kategoriale Variable (nicht eingeschlafen und Pause gemacht vs. eingeschlafen, aber Pause gemacht vs. eingeschlafen und keine Pause gemacht) gebildet, wobei diesbezügliche Unterschiede zwischen ZG und VG wiederum durch einen Chi-Quadrat-Test für Kontingenztafeln geprüft wurden.

Die aus Online-Befragung und -Beobachtung vorliegenden Items wurden zur Auswertung wie folgt dichotomisiert:

- Testleiterurteil: Hatte der Testleiter den jeweiligen Probanden mindestens einmal als mindestens „schläfrig“ beurteilt?
- Subjektive Zustandseinschätzung: Hatte der jeweilige Proband
  - ein Einschlafereignis mindestens einmal für möglich oder wahrscheinlich eingestuft?
  - mindestens ein Einschlafereignis eingeräumt?
  - mindestens ein Beinah-Einschlafereignis eingeräumt?

Diese Variablen wurden schließlich getrennt für ZG und VG mit dem über den Lidschluss erfassten Auftreten von Einschlafereignissen kreuztabelliert und durch Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln auf Zusammenhänge getestet.

Die subjektiv empfundene Müdigkeit vor der Fahrt sowie deren Veränderung durch die Fahrt wurden durch die Angaben der Testfahrer auf der SSS unter Anwendung von entsprechenden nonparametrischen Verfahren (Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben) analysiert.

<sup>67</sup> als Mittelwert aus den Standardabweichungen pro Minute

<sup>68</sup> als Mittelwert aus den Prozentwerten pro Minute

<sup>69</sup> als Mittelwert aus den absoluten Werten pro Minute

Schließlich wurde varianzanalytisch überprüft, ob sich die Versuchsgruppen in ihren subjektiven Ratings auf den unter 8.5.4 beschriebenen Fragebogen-Items zu Leistungsgüte und Beanspruchung unterschieden.

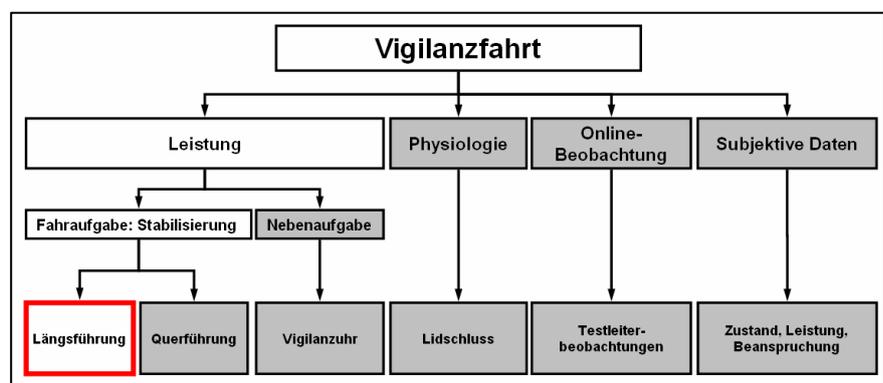
### 8.5.6 Ergebnisse

Im Folgenden sollen zunächst die Befunde zur Fahrzeugstabilisierung und zur Vigilanzuhr dargestellt werden. Anschließend wird auf Einschlafereignisse, Pausen, das Testleiter-Rating und die subjektiven Daten eingegangen.

#### 8.5.6.1 Fahrverhalten und Bewältigung der Stabilisierungsaufgabe

##### 8.5.6.1.1 Längsführung

Im Hinblick auf die Längsführung sei zunächst festgehalten, dass - entsprechend einer Varianzanalyse nach dem allgemeinen Auswertungskonzept - die Fahrdauer bei der ZG signifikant höher war als bei der VG (Haupteffekt PD:  $p=.045$ ) - und dies obwohl wie unter 8.5.6.4 erläutert werden wird, fünf Patienten den Versuch vorzeitig abbrachen.



So benötigten die Patienten im Mittel 79.1min (SD=11.4min), die gesunden Testfahrer nur 73.5min (SD=2.7min), um die Strecke zu durchfahren. Auffällig ist hier die hohe Variabilität in der ZG, die - wie sich zeigen wird - nicht nur auf die vorzeitigen Abbrüche, sondern auch auf eine hohe Variabilität im Geschwindigkeitsverhalten und eine gehäufte Inanspruchnahme von Pausen zurückging.

Die übrigen Variablen zur Längsregelung (mittlere Geschwindigkeit, Standardabweichung der Geschwindigkeit, mittlerer Sekundenabstand zum Führungsfahrzeug) wurden ebenfalls varianzanalytisch ausgewertet (s. Abbildung 8.5-3 und Tabelle 8.5-4).

Hier zeigten sich tendenzielle Haupteffekte PD für die mittlere Geschwindigkeit ( $p=.050$ ) und den mittleren Sekundenabstand ( $p=.075$ ): Die VG fuhr im Mittel die Maximal-Geschwindigkeit von 80km/h fast voll aus ( $M=78.5\text{km/h}$ ), während die ZG im Durch-

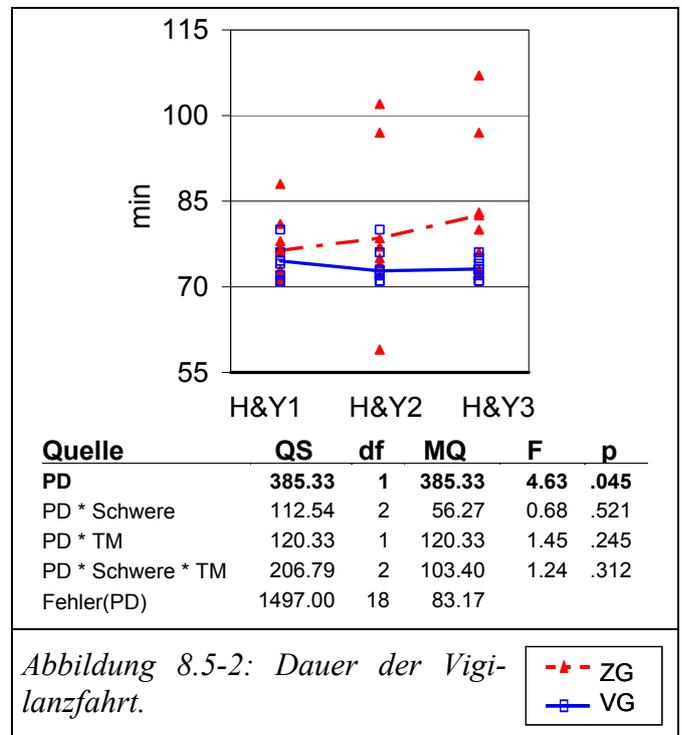


Abbildung 8.5-2: Dauer der Vigilanzfahrt.

--- ZG  
— VG

schnitt etwas langsamer fuhr (M=74.4km/h). Auffällig war auch hier die hohe interindividuelle Variabilität in der ZG (SD=8.7km/h vs. VG: SD=1.9km/h).

Ferner hielten die Patienten auch einen etwas größeren Sekundenabstand zum Führungsfahrzeug (ZG: M=2.63sek, SD=1.01sek; VG: M=2.15sek, SD=0.53sek). Bedeutsame Interaktionen zu Krankheitsschwere oder Tagesmüdigkeit fanden sich nicht. Nonparametrische Verfahren, die aufgrund der sehr rechtsschiefen Verteilung der mittleren Geschwindigkeit zusätzlich durchgeführt wurden, wiesen allerdings darauf hin, dass die Patienten im Hoehn & Yahr Stadium 2 besonders langsam fuhren (s. Anmerkung zu Tabelle 8.5-4).

Hinsichtlich der Standardabweichung der Geschwindigkeit resultierten keine statistisch bedeutsamen Effekte.

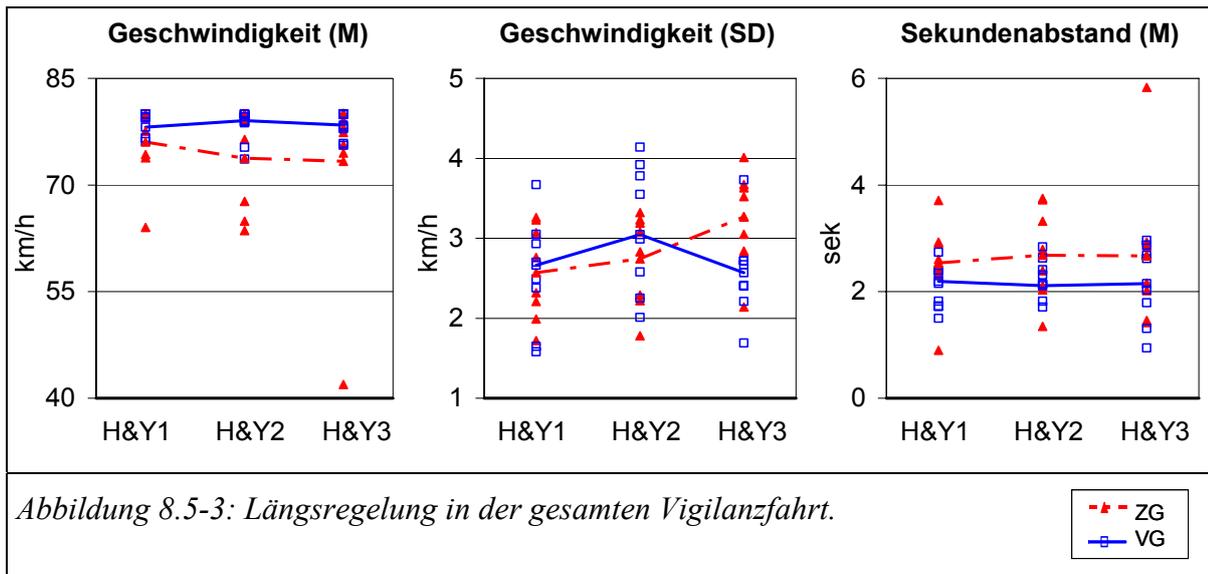


Abbildung 8.5-3: Längsregelung in der gesamten Vigilanzfahrt.

Tabelle 8.5-4: Varianzanalysen zur Längsregelung über die gesamte Vigilanzfahrt.

| Quelle                   | Variable                   | QS            | df       | MQ            | F           | p           |
|--------------------------|----------------------------|---------------|----------|---------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>Geschwindigkeit (M)</b> | <b>206.74</b> | <b>1</b> | <b>206.74</b> | <b>4.42</b> | <b>.050</b> |
|                          | Geschwindigkeit (SD)       | 0.12          | 1        | 0.12          | 0.18        | .673        |
|                          | <b>Sekundenabstand (M)</b> | <b>2.75</b>   | <b>1</b> | <b>2.75</b>   | <b>3.56</b> | <b>.075</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | Geschwindigkeit (M)        | 25.87         | 2        | 12.94         | 0.28        | .762        |
|                          | Geschwindigkeit (SD)       | 2.24          | 2        | 1.12          | 1.71        | .209        |
|                          | Sekundenabstand (M)        | 0.11          | 2        | 0.05          | 0.07        | .932        |
| <b>PD * TM</b>           | Geschwindigkeit (M)        | 6.81          | 1        | 6.81          | 0.15        | .707        |
|                          | Geschwindigkeit (SD)       | 0.02          | 1        | 0.02          | 0.03        | .865        |
|                          | Sekundenabstand (M)        | 0.39          | 1        | 0.39          | 0.50        | .487        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | Geschwindigkeit (M)        | 112.88        | 2        | 56.44         | 1.21        | .323        |
|                          | Geschwindigkeit (SD)       | 0.59          | 2        | 0.30          | 0.45        | .643        |
|                          | Sekundenabstand (M)        | 1.06          | 2        | 0.53          | 0.69        | .516        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | Geschwindigkeit (M)        | 842.52        | 18       | 46.81         |             |             |
|                          | Geschwindigkeit (SD)       | 11.79         | 18       | 0.65          |             |             |
|                          | Sekundenabstand (M)        | 13.90         | 18       | 0.77          |             |             |

Anmerkung. Aufgrund der Begrenzung der Maximalgeschwindigkeit auf 80km/h war die mittlere Geschwindigkeit in ihrer Variabilität stark eingeschränkt und eher rechtsschief verteilt. Zur Kontrolle wurden daher auch entsprechende nonparametrische Analysen durchgeführt (Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben bei sukzessiver Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit), welche die varianzanalytischen Befunde bestätigten (ZG vs. VG: p=.052). Zudem wiesen diese darauf hin, dass insbesondere die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 langsamer fuhren als ihre VG (H&Y1: p=.575, H&Y2: p=.036, H&Y3: p=.401).

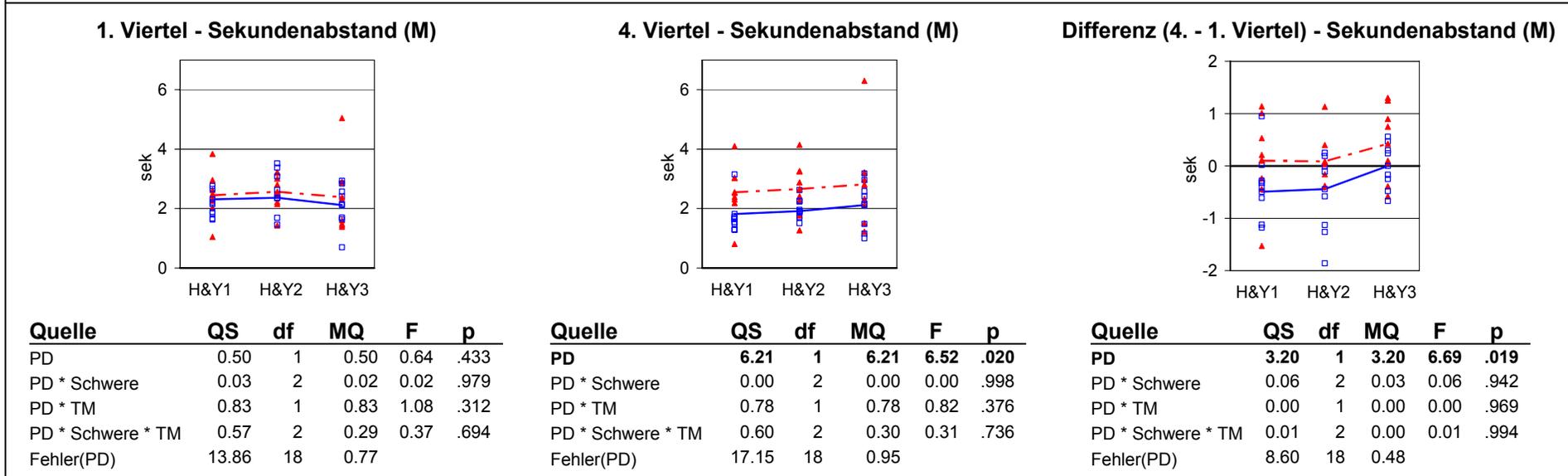
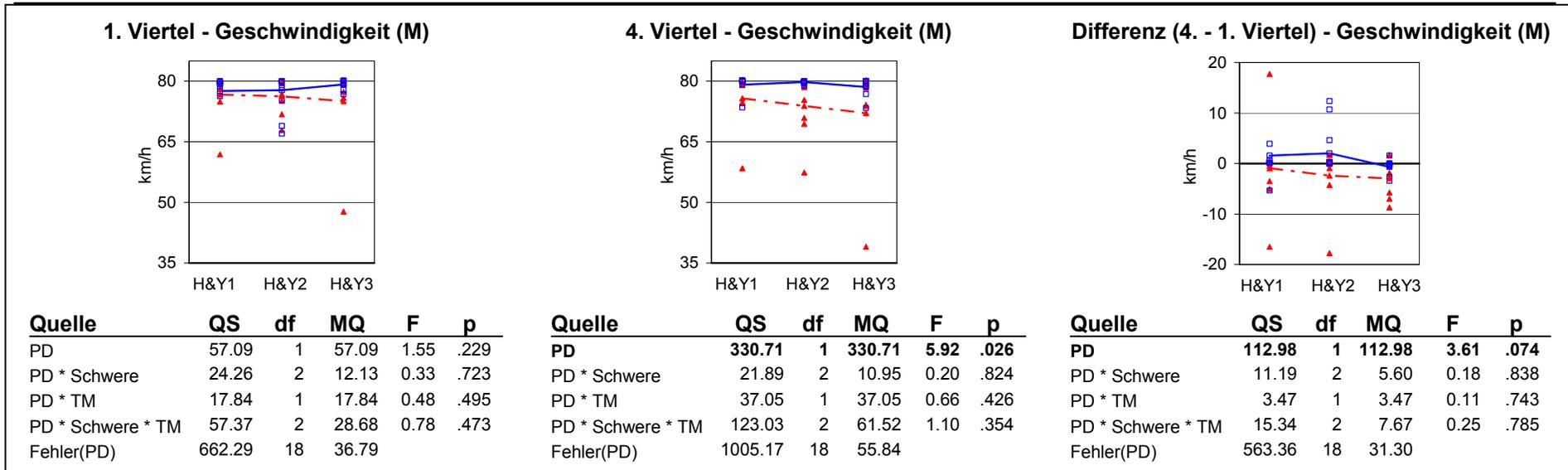


Abbildung 8.5-4: Parameter zur Längsregelung im 1. und 4. Viertel der Vigilanzfahrt. Rechts sind die aus beiden Vierteln gebildeten Differenzen veranschaulicht, positive Werte entsprechen einer höheren Geschwindigkeit und einem größeren Abstand im 4. Viertel. Zur Kontrolle der sehr rechtsschiefen Verteilung der mittleren Geschwindigkeit wurden zusätzlich nonparametrische Analysen durchgeführt (Wilcoxon-Tests). Diese bestätigten einerseits die varianzanalytischen Befunde (ZG vs. VG: 1. Viertel:  $p=.199$ , 4. Viertel:  $p=.013$ ), wiesen aber zudem darauf hin, dass die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 in beiden Vierteln besonders langsam fuhren (1. Viertel: H&Y1:  $p=1.000$ , H&Y2:  $p=.078$ , H&Y3:  $p=.641$ , 4. Viertel: H&Y1:  $p=.461$ , H&Y2:  $p=.055$ , H&Y3:  $p=.250$ ).



Die t-Tests zur Überprüfung der Wirkung der Fahrt auf die gesamte Stichprobe lieferten weder für die mittlere Geschwindigkeit ( $t=-0.68$ ,  $p=.497$ ) noch für den durchschnittlichen Sekundenabstand ( $t=-0.51$ ,  $p=.615$ ) statistisch bedeutsame Effekte. Tendenziell variierte die Geschwindigkeit im letzten Viertel etwas stärker als im ersten Viertel ( $t=1.93$ ,  $p=.060$ ; 1. Viertel:  $M=2.68\text{km/h}$ ,  $SD=0.71\text{km/h}$  vs. 4. Viertel:  $M=2.92\text{km/h}$ ,  $SD=0.91\text{km/h}$ ).

Die Varianzanalysen, die getrennt für das erste und das letzte Viertel der Fahrt durchgeführt wurden, ließen erkennen, dass die oben beschriebenen Unterschiede zwischen ZG und VG zu Beginn der Fahrt noch nicht bestanden hatten. Erst im letzten Viertel fuhr die ZG signifikant langsamer und hielt einen signifikant größeren Sekundenabstand zum Führungsfahrzeug (s. Abbildung 8.5-4).

Auch hier ergab sich kein statistisch bedeutsamer Einfluss von Krankheitsschwere oder Tagesmüdigkeit. Nonparametrische Verfahren (die aufgrund der sehr rechtsschiefen Verteilung der mittleren Geschwindigkeit zusätzlich durchgeführt wurden) wiesen aber wiederum darauf hin, dass die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 besonders langsam fuhren, wobei dies auch schon für das erste Viertel der Fahrt zutraf. Deskriptiv ist dieser Effekt allerdings nur schwer auszumachen (s. Abbildung 8.5-4).

Wie schon bei der Analyse über die gesamte Fahrt resultierten weder für das erste noch für das letzte Viertel bedeutsame Effekte im Hinblick auf die Standardabweichung der Geschwindigkeit, so dass auf eine graphische Darstellung verzichtet wurde. Die Ergebnistafeln der zugehörigen Varianzanalysen finden sich in Anhang 1.3.3 (Tabelle 39).

Die Analysen der aus dem ersten und letzten Viertel gebildeten Differenzen bestätigten schließlich sowohl für die mittlere Geschwindigkeit als auch für den mittleren Sekundenabstand, dass die Fahrt auf ZG und VG unterschiedlich wirkte (Haupteffekte *PD*: mittlere Geschwindigkeit  $p=.074$ , mittlerer Sekundenabstand:  $p=.019$ ; s. Abbildung 8.5-4).

So fuhr die ZG am Ende der Fahrt eher langsamer als zu Beginn ( $M=-2.09\text{km/h}$ ,  $SD=6.69\text{km/h}$ ;  $t=-1.53$ ,  $p=.140$ ), während die VG ihre Geschwindigkeit eher erhöhte ( $M=0.98\text{km/h}$ ,  $SD=3.79\text{km/h}$ ;  $t=1.27$ ,  $p=.218$ ).

Analog war der Sekundenabstand zum Führungsfahrzeug in der VG am Ende geringer ( $M=-0.31\text{sek}$ ,  $SD=0.66\text{sek}$ ;  $t=-2.29$ ,  $p=.031$ ), in der ZG dagegen eher höher als am Anfang ( $M=0.21\text{sek}$ ,  $SD=0.70\text{sek}$ ;  $t=1.45$ ,  $p=.161$ ).

Hier bestand aber vermutlich ein Deckeneffekt. So hätte die VG ihre Geschwindigkeit wahrscheinlich noch weiter erhöht, wenn die maximale Geschwindigkeit nicht durch den Vordermann begrenzt gewesen wäre. Ebenso hätte die ZG vermutlich ihren Sicherheitsabstand weiter vergrößert, wenn dies die Synchronisation mit dem Führungsfahrzeug nicht verhindert hätte.

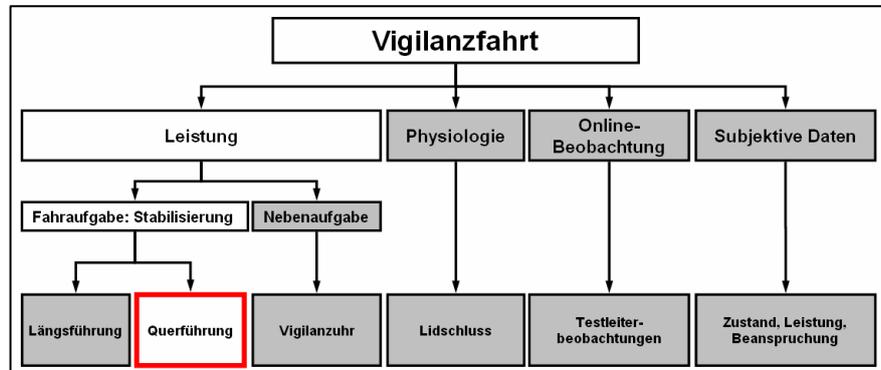
Für die Standardabweichung der Geschwindigkeit konnten wiederum keine Effekte nachgewiesen werden (die Ergebnistafel der zugehörigen Varianzanalyse findet sich ebenfalls in Anhang 1.3.3, Tabelle 39). Die oben beschriebene Tendenz bleibt somit interpretierbar: Alle Testfahrer fuhren am Ende der Fahrt mit einer etwas höheren Variation ihrer Geschwindigkeit als am Anfang.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die ZG insgesamt langsamer fuhr und auch einen größeren Sicherheitsabstand zum Führungsfahrzeug einhielt als die VG. Dieser Befund war primär darauf zurückzuführen, dass die Monotonie der Fahrt die Patienten dazu veranlasste, langsamer zu fahren und einen größeren Sicherheitsabstand einzuhalten, während die gesunden Testfahrer auf die Monotonie reagierten, indem sie ihre Geschwindigkeit erhöhten und näher zum Führungsfahrzeug auffuhren. In beiden Gruppen waren diese Veränderungen mit einer zunehmenden Variabilität der Geschwindigkeit im Verlauf der Fahrt verbunden. Schwache Hinweise gab es zudem für eine besonders geringe Geschwindigkeit der Patienten im

Hoehn & Yahr-Stadium 2. Auffällig war die enorme interindividuelle Variabilität unter den Patienten.

#### 8.5.6.1.2 Querführung

Zur Beurteilung der Spurhaltung in der gesamten Fahrt wurden der in Abschnitt 8.5.5 beschriebene Spurindex, die SDLP, der Zeitanteil ohne Abkommen von der Fahrbahn nach rechts und das Abkommen von der Fahrbahn nach links bei Gegenverkehr analysiert.



Mit Ausnahme der dichotomen Variable „Linksabkommen bei Gegenverkehr“, welche über Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln getestet wurde (s. unten), wurden die Parameter zur Querführung varianzanalytisch mit dem Within-Faktor *PD* und den Between-Faktoren *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit* geprüft. Auch aufgrund der sehr linksschiefen Verteilung wurde aber der Zeitanteil ohne Abkommen von der Fahrbahn nach rechts vorher logit-transformiert.<sup>70</sup>

Die Analyse des Spurindex lieferte für alle Varianzquellen statistisch bedeutsame Effekte. Bei der SDLP und dem Rechtsabkommen<sup>71</sup> zeigten sich jeweils hochsignifikante Haupteffekte *PD* sowie signifikante Interaktionen mit der *Krankheitsschwere*. Die *Tagesmüdigkeit* hatte keinen inferenzstatistisch bedeutsamen Einfluss. (s. Abbildung 8.5-5)

Unter Einbezug der Befunde zugehöriger Post-Hoc-Tests (s. Tabelle 8.5-5) ließen sich diese Analysen zur Querführung wie folgt zusammenfassen:

- Verglichen mit ihrer jeweiligen VG führen nur die Patienten der Hoehn & Yahr-Stadien 2 und 3 mit höherer SDLP und kamen vermehrt nach rechts von der Fahrbahn ab. Es handelte sich also um eine disordinale Interaktion *PD* x *Schwere*, der Haupteffekt *PD* war nicht interpretierbar, da entsprechende Defizite für die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 1 nicht inferenzstatistisch abzusichern waren.
- Im zusammenfassenden Spurindex schnitt die ZG im Hoehn & Yahr-Stadium 1 ohne *Tagesmüdigkeit* sogar (fast tendenziell) besser ab als ihre VG, die übrigen Patientengruppen waren ihrer jeweiligen VG aber unterlegen. Dies galt insbesondere für die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 mit *Tagesmüdigkeit* sowie für die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 3.

<sup>70</sup>  $\ln(p/(1-p))$ ; Missings bedingt durch 100% wurden durch den nächsthöheren, ganzzahligen Wert zum Extremum ersetzt.

<sup>71</sup> Einer Alpha-Inflation wurde vorgebeugt, indem im Sinne einer geschlossenen Testprozedur zunächst der Spurindex und erst anschließend die in ihm enthaltenen Parameter SDLP und Abkommen rechts analysiert wurden.

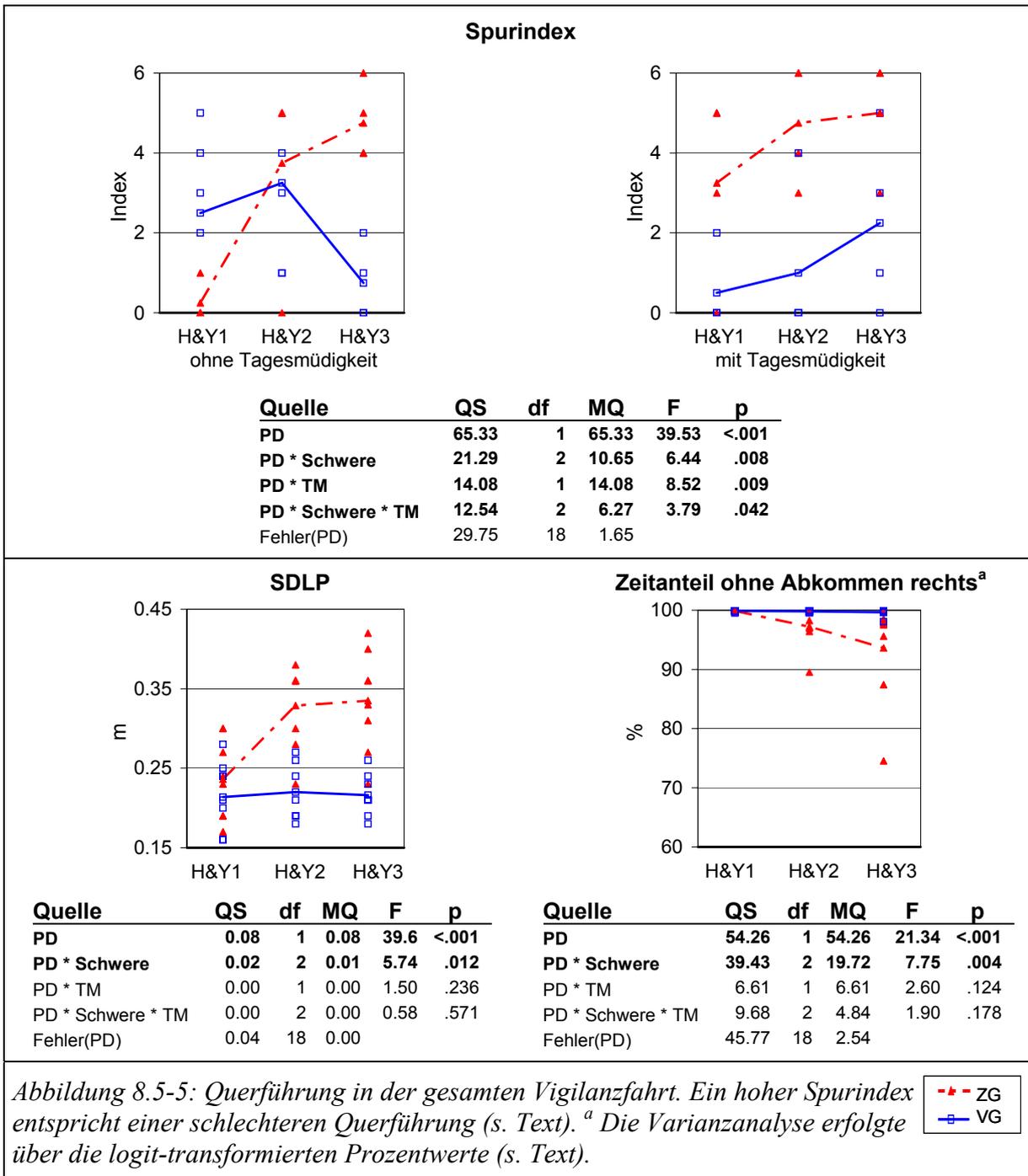


Tabelle 8.5-5: Post-Hoc-Tests zu den varianzanalytischen Befunden zur Querregelung in der gesamten Vigilanzfahrt.

|                               | H&Y1 |      | H&Y2  |                 | H&Y3  |                 | o. TM |       | m. TM |                 |
|-------------------------------|------|------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|
|                               | t    | p    | t     | p               | t     | p               | t     | p     | t     | p               |
| Spurindex                     | 0.56 | .593 | 3.90  | <b>.005</b>     | 6.35  | <b>&lt;.001</b> | 1.53  | 0.155 | 6.29  | <b>&lt;.001</b> |
| SDLP                          | 0.78 | .459 | 8.34  | <b>&lt;.001</b> | 4.43  | <b>.003</b>     |       |       |       |                 |
| % o. Abk. rechts <sup>a</sup> | 0.46 | .662 | -4.02 | <b>.005</b>     | -4.36 | <b>.003</b>     |       |       |       |                 |

|           | H&Y1         |      | H&Y1  |             | H&Y2  |      | H&Y2        |             | H&Y3        |             | H&Y3        |             |
|-----------|--------------|------|-------|-------------|-------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|           | o. TM        |      | m. TM |             | o. TM |      | m. TM       |             | o. TM       |             | m. TM       |             |
|           | t            | p    | t     | p           | t     | p    | t           | p           | t           | p           | t           | p           |
| Spurindex | <b>-2.33</b> | .102 | 2.45  | <b>.092</b> | 1.73  | .182 | <b>5.42</b> | <b>.012</b> | <b>5.66</b> | <b>.011</b> | <b>3.38</b> | <b>.043</b> |

Anmerkung. Zur Erläuterung des Spurindex s. Text. <sup>a</sup> Die Analyse erfolgte über die logit-transformierten Prozentwerte (s. Text).

Ergänzend zum allgemeinen Auswertungsprocedere wurde die 3-fach-Interaktion zum Spurindex noch etwas detaillierter untersucht. So wurde für jedes Hoehn & Yahr-Stadium geprüft, ob sich die Patienten mit und ohne Tagesmüdigkeit im Betrag der Differenz zu ihrer VG unterschieden. Diese zusätzlichen Post-Hoc-Tests bestätigten schließlich auch inferenzstatistisch, was die bisherigen Analysen bereits andeuteten: Der Einfluss der Tagesmüdigkeit nahm mit zunehmendem Schweregrad ab. Er bestand

- signifikant im Stadium 1 (ZG Hoehn & Yahr 1 ohne vs. ZG Hoehn & Yahr 1 mit Tagesmüdigkeit: t=-3.31, p=.016),
- noch fast tendenziell im Stadium 2 (ZG Hoehn & Yahr 2 ohne vs. ZG Hoehn & Yahr 2 mit Tagesmüdigkeit: t=-1.85, p=.114)
- und nicht mehr im Stadium 3 (ZG Hoehn & Yahr 3 ohne vs. ZG Hoehn & Yahr 3 mit Tagesmüdigkeit: t=0.19, p=.855).

Der Effekt, dass die ZG häufiger bei Gegenverkehr nach links von der Fahrbahn abkam als die VG, verfehlte knapp eine Tendenz (25% vs. 8.3%, p=.121; s. Tabelle 8.5-7). Anders als die Schichtung nach den Hoehn & Yahr-Stadien erbrachte aber die Schichtung nach Tagsmüdigkeit einen signifikanten Effekt (s. dazu die Tabellen 40 und 41 in Anhang 1.3.3): So gefährdeten insbesondere die Patienten mit Tagesmüdigkeit den Gegenverkehr (41.7% vs. 0%,  $X^2(1)=6.32$ , p(exakt)=.037<sup>72</sup>), während sich die Patienten ohne Tagesmüdigkeit diesbezüglich nicht von ihrer VG unterschieden (8.3% vs. 16.7%,  $X^2(1)=0.38$ , p(exakt)=1.000). Bei einer Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit resultieren keine bedeutsamen Effekte. (s. dazu auch Tabelle 8.5-6)

Tabelle 8.5-6: Anzahl von Testfahrern pro Subgruppe, die mindestens einmal bei Gegenverkehr nach links von der Fahrbahn abkamen.

|    | H&Y1  | H&Y1  | H&Y2  | H&Y2  | H&Y3  | H&Y3  | gesamt |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|    | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM |        |
| ZG | 0     | 1     | 0     | 2     | 1     | 2     | 6      |
| VG | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 2      |

<sup>72</sup> Dieser Effekt hält allerdings einer Alpha-Adjustierung nicht stand (p>.100/5=.020).

Tabelle 8.5-7: Abkommen von der Fahrbahn nach links bei Gegenverkehr in ZG und VG.

| Gruppe |                          | Linksabkommen bei Gegenverkehr |              |        |
|--------|--------------------------|--------------------------------|--------------|--------|
|        |                          | gar nicht                      | mind. einmal | gesamt |
| ZG     | Anzahl                   | 18                             | 6            | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.0                           | 4.0          | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 75.0                           | <b>25.0</b>  | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -.4                            | 1.0          |        |
| VG     | Anzahl                   | 22                             | 2            | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.0                           | 4.0          | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 91.7                           | <b>8.3</b>   | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | .4                             | -1.0         |        |
| gesamt | Anzahl                   | 40                             | 8            | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 40.0                           | 8.0          | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 83.3                           | 16.7         | 100.0  |

$X^2(1)=2.40$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.121$ , 2 Zellen (50%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 4.00.

Um die Wirkung der Fahrt zu überprüfen, wurde auch hier zunächst an der gesamten Stichprobe getestet, ob sich die Parameter zur Querregelung vom ersten bis zum letzten Viertel veränderten. Die zugehörigen t-Tests für abhängige Stichproben bestätigten dies:

- Die SDLP stieg hochsignifikant an (1. Viertel:  $M=0.24m$ ,  $SD=0.06m$  vs. 4. Viertel:  $M=0.27m$ ,  $SD=0.08m$ ,  $t=5.61$ ,  $p<.001$ ),
- der Zeitanteil ohne Rechtsabkommen nahm hochsignifikant ab (1. Viertel:  $M=98.89\%$ ,  $SD=3.05\%$  vs. 4. Viertel:  $M=98.01\%$ ,  $SD=5.19\%$ ,  $t=-2.98$ ,  $p=.005$ <sup>73</sup>).

Erwartungsgemäß bewirkte also die Monotonie der Fahrt Beeinträchtigungen in der Spurhaltung, die auf Ermüdung und Schläfrigkeit hinwiesen. Diese Effekte sollten aber zunächst nur unter Vorbehalt interpretiert werden, da die nachfolgend beschriebenen Analysen auf (disordinale) Interaktionen mit den Gruppierungsmerkmalen hinwiesen.

Eine Varianzanalyse nach dem allgemeinen Auswertungsverfahren zum ersten Viertel der Fahrt lieferte zunächst die gleichen Effekte wie die Analyse über die gesamte Fahrt: So fuhren die Patienten der Hoehn & Jahr-Stadien 2 und 3 schon zu Beginn der Fahrt mit höherer SDLP als ihre VG und kamen auch schon jetzt vermehrt nach rechts von der Fahrbahn ab. Diese Effekte blieben bis zum letzten Viertel der Fahrt unverändert bestehen.<sup>74</sup>

<sup>73</sup> Analysiert wurden die logit-transformierten Prozentwerte.

<sup>74</sup> Auf eine Darstellung der zugehörigen Post-Hoc-Tests wurde verzichtet, da sie durchwegs zu den gleichen Befunden führten wie bei der Analyse über die gesamte Fahrt.

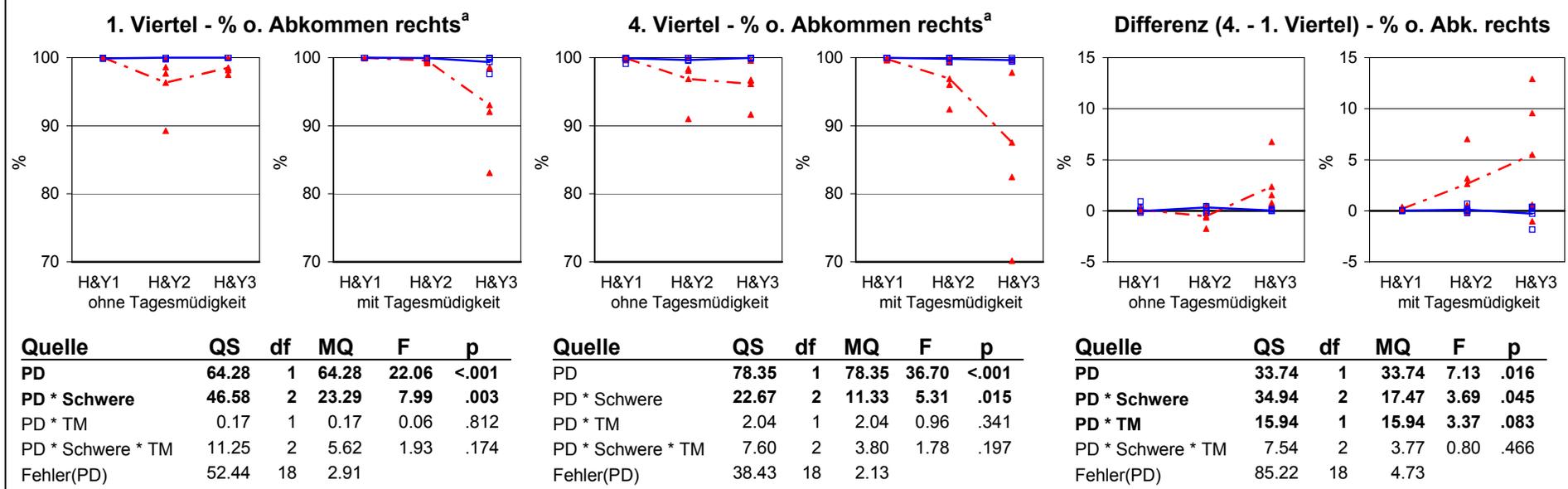
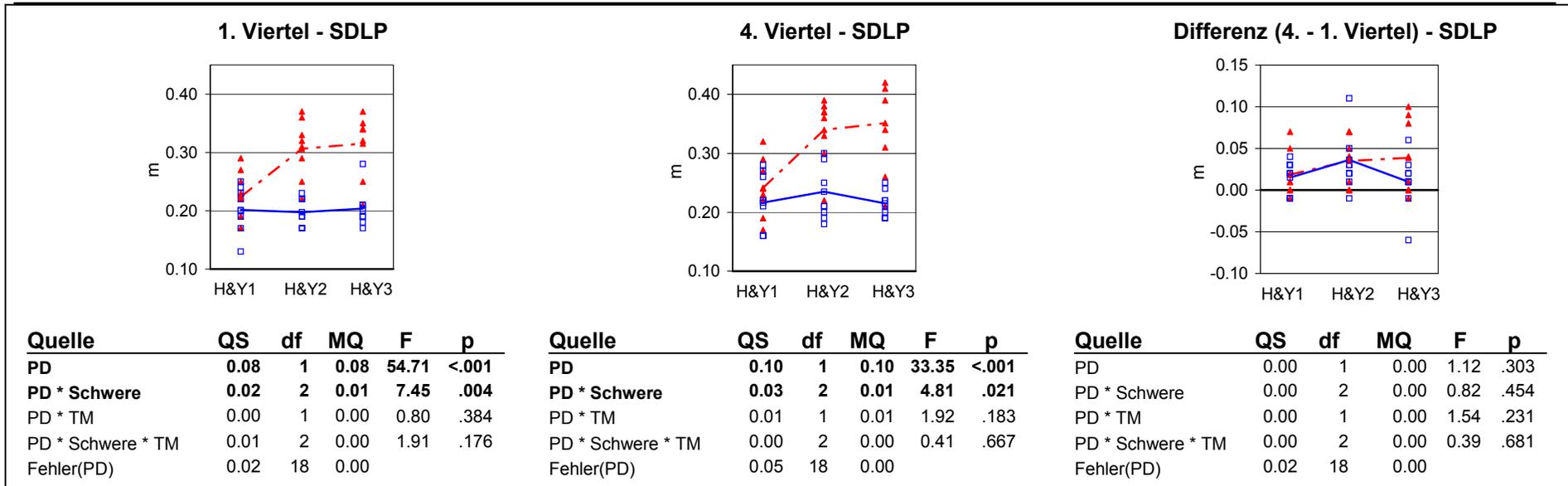


Abbildung 8.5-6: Parameter zur Querführung im ersten und letzten Viertel der Vigilanzfahrt. Rechts sind die aus beiden Vierteln gebildeten Differenzen veranschaulicht, wobei positive Werte eine höhere SDLP und ein vermehrtes Rechtsabkommen am Ende der Fahrt anzeigen. <sup>a</sup> Analysiert wurden die logit-transformierten Prozentwerte.

-▲- ZG  
-■- VG

Ob die Fahrt in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale unterschiedlich wirkte, wurde schließlich auch direkt durch Analysen der aus beiden Vierteln gebildeten Differenzen untersucht (s. Abbildung 8.5-6, rechts). Dabei konnten für die SDLP keine statistisch bedeutsamen Effekte nachgewiesen werden, der oben beschriebene Effekt zur Wirkung der Fahrt auf die SDLP blieb also interpretierbar: Die SDLP stieg im Verlauf der Fahrt in allen Versuchsgruppen um durchschnittlich 2.64m (SD=3.25cm) an.

Da eine Subtraktion von logit-transformierten Werten vermieden werden sollte und die Differenzen auch etwas weniger schief verteilt waren als die absoluten Werte, wurde bei der Analyse zur Wirkung der Fahrt auf das Rechtsabkommen keine Logit-Transformation vorgenommen.<sup>75</sup>

Die zugehörige Varianzanalyse erbrachte einen signifikanten Haupteffekt *PD* ( $p=.016$ ), aber auch eine Signifikanz für die Interaktion *PD x Krankheitsschwere* ( $p=.045$ ) sowie eine Tendenz für die Interaktion *PD x Tagesmüdigkeit* ( $p=.083$ ). Unter Berücksichtigung von entsprechenden Post-Hoc-Tests lässt sich festhalten, dass das Rechtsabkommen eigentlich nur bei Patienten des Hoehn & Yahr-Stadiums 3 sowie bei Patienten mit Tagesmüdigkeit (additive Wirkung) angestiegen war.<sup>76</sup> Aufgrund der sehr linksschiefen Verteilung des Rechtsabkommens ist dies aber für die ZG Hoehn & Yahr 1 mit Tagesmüdigkeit in Abbildung 8.5-6 nur schwer zu erkennen.

### 8.5.6.1.3 Zusammenfassung zur Fahrzeugstabilisierung

Alle Analysen zur Fahrzeugstabilisierung wurden in Tabelle 8.5-8 und Tabelle 8.5-9 nochmals zusammengefasst.

Wie in der Fahrverhaltensprobe belegten auch die Befunde zur Längsregelung unter Monotonie, dass die Patienten bemüht waren, ihre Beeinträchtigungen zu kompensieren: So reduzierte die ZG im Verlauf der Fahrt ihre Geschwindigkeit und erhöhte den Abstand zum Führungsfahrzeug, während die gesunden Testfahrer am Ende schneller fuhren und einen geringeren Abstand zum Vordermann hielten. Dabei deuteten die Analysen an, dass die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 besonders langsam fuhren.

Trotz dieser Kompensationsbemühungen zeigten sich deutliche Defizite in der Spurhaltung der Patienten. Lediglich die ZG Hoehn & Yahr 1 ohne Tagesmüdigkeit erbrachte eine völlig unauffällige Leistung. So hatten sowohl die Krankheitsschwere als auch die Tagesmüdigkeit eine beeinträchtigende Wirkung, wobei die Bedeutung der Tagesmüdigkeit mit zunehmendem Schweregrad abnahm (Spurindex).

Schon zu Beginn der Fahrt fielen die Patienten der Hoehn & Yahr-Stadien 2 und 3 durch eine erhöhte SDLP und ein vermehrtes Rechtsabkommen auf.

Enorme Leistungseinbußen (i.S. von Time-on-Task-Effekten) zeigten sich im Rechtsabkommen - allerdings nur bei Patienten des Hoehn & Yahr-Stadiums 3 sowie bei Patienten mit Tagesmüdigkeit. Überdies schien die zunehmend schlechte Spurhaltung der tagesmüden Patienten auch gehäuft mit einer Gefährdung des Gegenverkehrs verbunden zu sein. Die SDLP nahm bei ZG und VG zwar in gleichem Maße zu, in Anbetracht ihrer geringeren Geschwindigkeit deutete dieser Befund aber einen stärkeren Leistungsabfall auf Seiten der Patienten an.

<sup>75</sup> Zusätzlich angewandte nonparametrische Verfahren (Wilcoxon-Tests zum abhängigen Vergleich von ZG vs. VG bei sukzessiver Schichtung nach den Gruppierungsmerkmalen) bestätigten aber die nachfolgend beschriebenen Effekte der Varianzanalyse.

<sup>76</sup> H&Y1:  $t=1.58$ ,  $p=.157$ , H&Y2:  $t=0.87$ ,  $p=.412$ , H&Y3:  $t=2.36$ ,  $p=.051$ ;

o. TM:  $t=0.84$ ,  $p=.418$ , m. TM:  $t=2.28$ ,  $p=.044$ ; Auf weitere Post-Hoc-Tests zur Prüfung der Wirkung der Fahrt innerhalb der einzelnen Subgruppen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Hier sei auf die Darstellung der entsprechenden Deskriptiva in Abbildung 8.5-6 verwiesen.

Letztendlich ist es ihnen aber durch ihr langsames Fahren gelungen, ihre Einbußen in der SDLP auf dem Niveau der VG zu halten.

Insgesamt hatten also sowohl die Krankheitsschwere als auch die Tagesmüdigkeit einen bedeutsamen Einfluss auf die Fahrleistung. Dennoch war die interindividuelle Variabilität gerade unter den schwer erkrankten Patienten enorm.

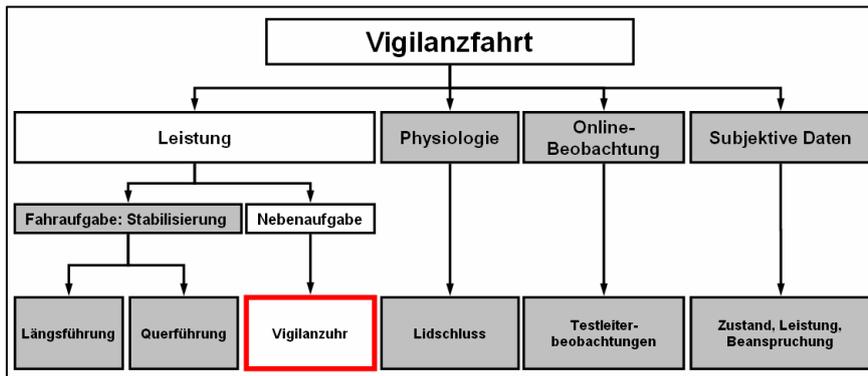
Tabelle 8.5-8: Zusammenfassung zur Fahrzeugstabilisierung in der Vigilanzfahrt. Welche Subgruppe der ZG unterschied sich von ihrer VG?

| <i>Parameter</i>                  | <i>H&amp;Y1</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y1</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>m. TM</i> |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <i>Fahrdauer</i>                  | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              |
| <i>Geschwindigkeit (M)</i>        | <                               | <                               | <<                              | <<                              | <                               | <                               |
| <i>Geschwindigkeit (SD)</i>       | =                               | =                               | =                               | =                               | =                               | =                               |
| <i>Sekundenabstand (M)</i>        | >                               | >                               | >                               | >                               | >                               | >                               |
| <i>Spurindex</i>                  | ≤                               | >                               | ≥                               | >>                              | >>                              | >>                              |
| <i>SDLP</i>                       | =                               | =                               | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
| <i>% ohne Abkommen rechts</i>     | =                               | =                               | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
| <i>Abkommen links bei Gegenv.</i> | =                               | ≥                               | =                               | ≥                               | =                               | ≥                               |

Tabelle 8.5-9: Zusammenfassung zur Wirkung der Vigilanzfahrt auf die Fahrzeugstabilisierung.

|           | <i>Parameter</i>        | <i>H&amp;Y1</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y1</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y2</i><br><i>m. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>o. TM</i> | <i>H&amp;Y3</i><br><i>m. TM</i> |
|-----------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <i>ZG</i> | <i>Geschw. (M)</i>      | ≤                               | ≤                               | ≤                               | ≤                               | ≤                               | ≤                               |
|           | <i>Geschw. (SD)</i>     | >                               | >                               | >                               | >                               | >                               | >                               |
|           | <i>Sek.abst. (M)</i>    | ≥                               | ≥                               | ≥                               | ≥                               | ≥                               | ≥                               |
|           | <i>SDLP</i>             | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|           | <i>% o. Abk. rechts</i> | ≤                               | <<                              | =                               | <<                              | <                               | <<<                             |
| <i>VG</i> | <i>Geschw. (M)</i>      | ≥                               | ≥                               | ≥                               | ≥                               | ≥                               | ≥                               |
|           | <i>Geschw. (SD)</i>     | >                               | >                               | >                               | >                               | >                               | >                               |
|           | <i>Sek.abst. (M)</i>    | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              | <<                              |
|           | <i>SDLP</i>             | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              | >>                              |
|           | <i>% o. Abk. rechts</i> | =                               | =                               | =                               | =                               | =                               | =                               |

8.5.6.2 Vigilanzuhr



Die Leistung in der Nebenaufgabe wurde anhand der mittleren Anzahl von Missings pro Minute beurteilt. Auch hier wurde zuerst untersucht, ob sich die Versuchsgruppen in der gesamten Fahrt voneinander unterschieden, bevor auf Time-on-

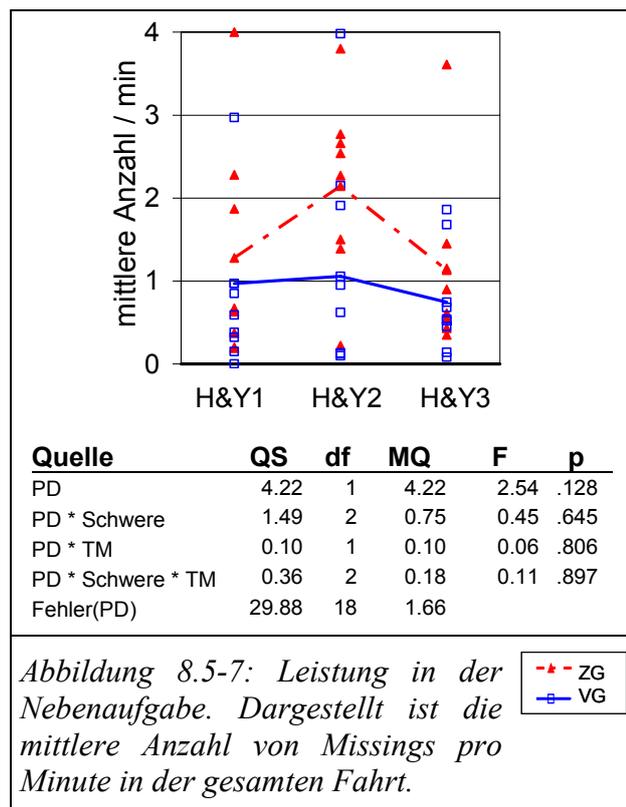
Task-Effekte getestet wurde.

Die Varianzanalyse zur gesamten Fahrt ergab keine statistisch bedeutsamen Effekte. Nur deskriptiv verpasste die ZG (M=1.52, SD=1.21) mehr ausgelassene Töne als die VG (M=0.92, SD=1.01) (s. Abbildung 8.5-7).<sup>77</sup>

Ein t-Test für abhängige Stichproben wies daraufhin, dass die Leistung in der Nebenaufgabe im Verlauf der Fahrt abnahm: So war die Anzahl von Missings im ersten Viertel hochsignifikant geringer als im letzten Viertel (t=2.88, p=.006; 1. Viertel: M=1.06, SD=0.90 vs. 4. Viertel: M=1.36, SD=1.39).

Da einige Testfahrer die Vigilanzuhr im Verlauf der Fahrt gar nicht mehr beachteten (s. unten) wurde ein entsprechender t-Test auch unter Ausschluss dieser Personen durchgeführt. Nun war der Unterschied zwischen erstem und letztem Viertel allerdings nicht mehr signifikant (t=1.22, p=.230; 1. Viertel: M=0.84, SD=0.67 vs. 4. Viertel: M=0.93, SD=0.92). So schien der obige Effekt tatsächlich nur auf die Personen zurückzugehen, welche die Nebenaufgabe völlig missachteten.

Die Varianzanalysen, die getrennt für das erste und das letzte Viertel der Fahrt durchgeführt wurden (Tabelle 8.5-10), ergaben einen Haupteffekt PD für das letzte Viertel. Demzufolge verpasste die ZG nur am Ende des Versuchs mehr ausgelassene Töne als die VG (Haupteffekt PD: erstes Viertel p=.273, letztes Viertel: p=.038). Unter Ausschluss der Personen, welche die Nebenaufgabe im letzten Viertel gar nicht mehr bearbeiteten, konnte dieser Haupteffekt PD nur noch deskriptiv bestätigt werden (p=.143; ZG: M=1.16, SD=0.94, VG: M=0.81, SD=0.94). Bedeutsame Interaktionen zu Krankheitsschwere

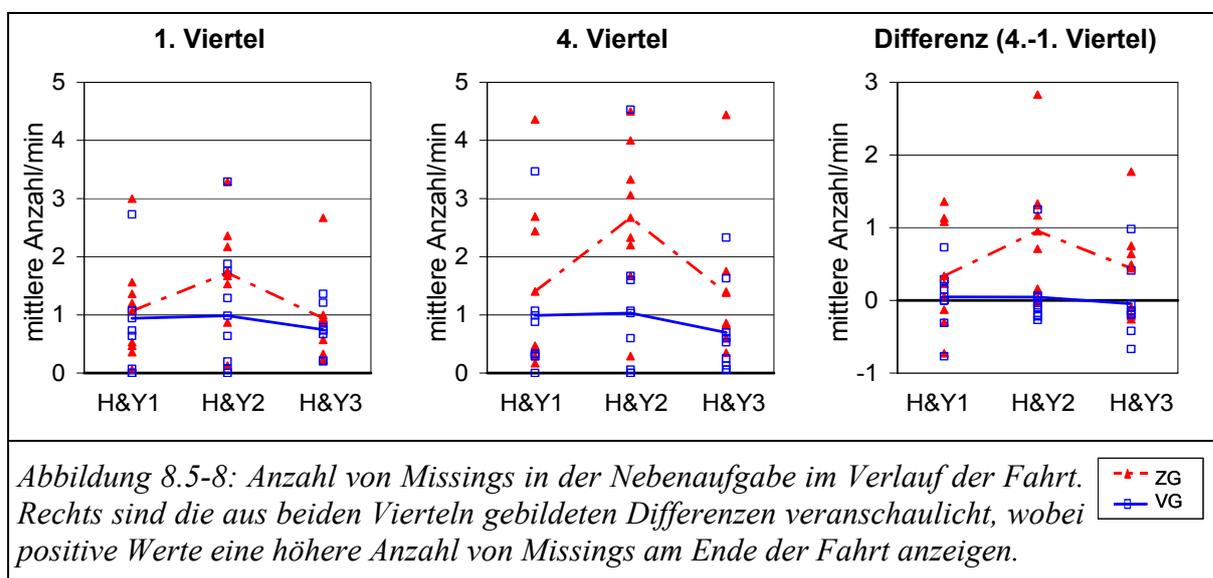


<sup>77</sup> Aufgrund der linksschiefen Verteilung wurden zusätzlich nonparametrische Analysen durchgeführt (Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben bei sukzessiver Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit). Diese lieferten aber ebenfalls keine inferenzstatistisch bedeutsamen Effekte.

oder Tagesmüdigkeit fanden sich nicht. Allerdings deuteten nonparametrische Verfahren, die aufgrund der linksschiefen Verteilung der Missings zusätzlich durchgeführt wurden, darauf hin, dass die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 am Ende besonders viele Töne verpassten. Dies ist auch in Abbildung 8.5-8 sehr gut zu erkennen.

Schließlich ergab die Varianzanalyse der aus dem ersten und letzten Viertel gebildeten Differenzen einen hochsignifikanten Haupteffekt *PD* ( $p=.005$ ; ZG:  $M=0.58$ ,  $SD=0.81$  vs. VG:  $M=0.02$ ,  $SD=0.47$ ; s. Tabelle 8.5-10 und Abbildung 8.5-8): So nahm die Anzahl von Missings bei der ZG im Verlauf der Fahrt deutlich, bei der VG hingegen gar nicht zu.<sup>78</sup> Im Sinne einer disordinalen Interaktion *Wirkung der Fahrt* x *PD*, darf der oben beschriebene Time-on-Task-Effekt über die gesamte Stichprobe also nicht interpretiert werden.

Eine entsprechende Varianzanalyse unter Ausschluss der Personen, welche die Vigilanzuhr im ersten oder letzten Viertel gar nicht bearbeiteten, zeigte, dass die Zunahme an Missings in der ZG nicht nur durch diese Personen zu erklären war: So bestand der Haupteffekt *PD* zumindest noch in der Tendenz ( $p=.075$ ; ZG:  $M=0.26$ ,  $SD=0.55$  vs. VG:  $M=-0.05$ ,  $SD=0.44$ ).



<sup>78</sup> Nachgeschobene t-Tests für abhängige Stichproben, in denen die Wirkung der Fahrt getrennt für ZG und VG getestet wurde, ergaben:

ZG: 1. Viertel:  $M=1.24$ ,  $SD=0.92$ , 4. Viertel:  $M=1.82$ ,  $SD=1.48$ ,  $t=3.49$ ,  $p=.002$

VG: 1. Viertel:  $M=0.89$ ,  $SD=0.85$ , 4. Viertel:  $M=0.91$ ,  $SD=1.16$ ,  $t=0.17$ ,  $p=.866$ .



Tabelle 8.5-12: Missachten der Vigilanzuhr. Dargestellt ist die Anzahl von Personen pro Subgruppe, welche die Nebenaufgabe in mindestens einem Viertel der Fahrt gar nicht bearbeiteten.

| Gruppe | H&Y1  | H&Y1  | H&Y2  | H&Y2  | H&Y3  | H&Y3  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM | o. TM | o. TM |
| ZG     | 0     | 1     | 1     | 3     | 1     | 0     |
| VG     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     |

Tabelle 8.5-13: Missachten der Vigilanzuhr in mindestens einem Viertel der Fahrt bei ZG und VG.

| Gruppe | Vigilanzuhr missachtet   |      |             |       |
|--------|--------------------------|------|-------------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt      |       |
| ZG     | Anzahl                   | 18   | 6.0         | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.5 | 3.5         | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 75.0 | <b>25.0</b> | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | -.6  | <b>1.3</b>  |       |
| VG     | Anzahl                   | 23   | 1.0         | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.5 | 3.5         | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 95.8 | <b>4.2</b>  | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | .6   | <b>-1.3</b> |       |
| gesamt | Anzahl                   | 41   | 7.0         | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 41.0 | 7.0         | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 85.4 | 14.6        | 100.0 |

$X^2(1)=4.18$ ,  $p(\text{exakt})=.097$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 3.5.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Anzahl von Missings in der Nebenaufgabe nur bei der ZG zunahm, wobei dieser Effekt primär darauf zurückging, dass fast ausschließlich Patienten die Nebenaufgabe irgendwann gar nicht mehr bearbeiteten. Zudem deuteten die Analysen einen besonders starken Leistungsabfall bei Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 an.

### 8.5.6.3 Lidschluss und Einschlafereignisse

Einschlafereignisse wurden durch das Lidschluss-Signal erfasst und über eine Lidschlussdauer von mehr als 1sek operationalisiert.

Zu beachten ist, dass das Signal bei drei Patienten (2x ZG Hoehn & Yahr 2 ohne Tagesmüdigkeit, 1x ZG Hoehn & Yahr 3 ohne Tagesmüdigkeit) aufgrund von technischen Problemen nicht auswertbar war und einem Testfahrer der VG im dritten Viertel der Vigilanzfahrt die Spulen abgefallen waren.

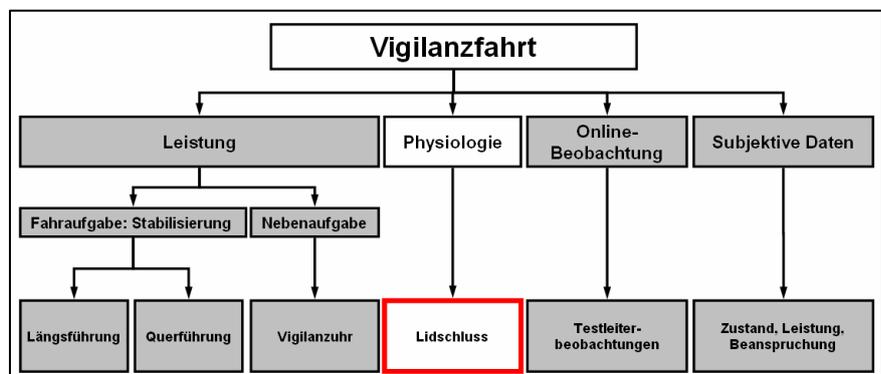


Tabelle 8.5-14 zeigt die Auftretenshäufigkeit von Einschlafereignissen in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale. Auffällig war, dass die Patienten meist nur einmal, die gesunden Testfahrer sogar überwiegend mehrfach eingeschlafen waren (s. auch Abbildung 8.5-9).

Tabelle 8.5-14: Auftretenshäufigkeit von Einschlafereignissen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit.

| Gruppe | Einschlafereignis | H&Y1<br>o. TM | H&Y1<br>m. TM | H&Y2<br>o. TM | H&Y2<br>m. TM | H&Y3<br>o. TM | H&Y3<br>o. TM |
|--------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ZG     | keines            | 4             | 3             | 1             | 3             | 3             | 2             |
|        | eines             | 0             | 0             | 1             | 1             | 0             | 2             |
|        | mehrere           | 0             | 1             | 0             | 0             | 0             | 0             |
| VG     | keines            | 1             | 2             | 3             | 3             | 4             | 2             |
|        | eines             | 1             | 1             | 0             | 0             | 0             | 0             |
|        | mehrere           | 2             | 1             | 1             | 1             | 0             | 1             |

Um zu prüfen, ob Einschlafereignisse in bestimmten Versuchsgruppen gehäuft auftraten, wurde die dichotome Variable „mindestens ein Einschlafereignis“ (ja vs. nein) durch Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln analysiert. Da aus dem Beobachterurteil mit hoher Sicherheit bekannt war, dass die Testfahrer, deren Lidschlussdaten nicht oder nur teilweise auswertbar waren, nicht eingeschlafen waren, konnten die Missings hier durch „nein“ ersetzt werden.<sup>79</sup>

Die Analysen ergaben keinen bedeutsamen Unterschied zwischen ZG und VG insgesamt, wobei die Patienten deskriptiv sogar seltener einschliefen (21% vs. 33%,  $p=0.330$ , s. Tabelle 8.5-15). Die geschichteten Analysen

(s. Tabellen 42 und 43 in Anhang 1.3.3) zeigten ferner, dass Einschlafereignisse im Hoehn & Jahr-Stadium 1 sogar *signifikant* seltener auftraten als in der zugehörigen VG (12.5% vs. 62.5%,  $X^2(1)=4.27$ ,  $p(\text{asymptotisch})=0.039$ ).<sup>80</sup> Zumindest deskriptiv galt dies auch für Patienten ohne Tagesmüdigkeit (8.3% vs. 33.3%,  $X^2(1)=2.27$ ,  $p(\text{exakt})=0.317$ ). Patienten in den Stadien 2 (jeweils 25%,  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ ) und 3 (25% vs. 12.5%,  $X^2(1)=0.41$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ ) sowie Patienten mit Tagesmüdigkeit (jeweils 33.3%,  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ ) schliefen genauso häufig ein wie ihre jeweilige VG. Auf eine Darstellung der nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit geschichteten Tafel wurde (auch im Anhang) verzichtet, da sich hier keine statistisch bedeutsamen Effekte ergaben.

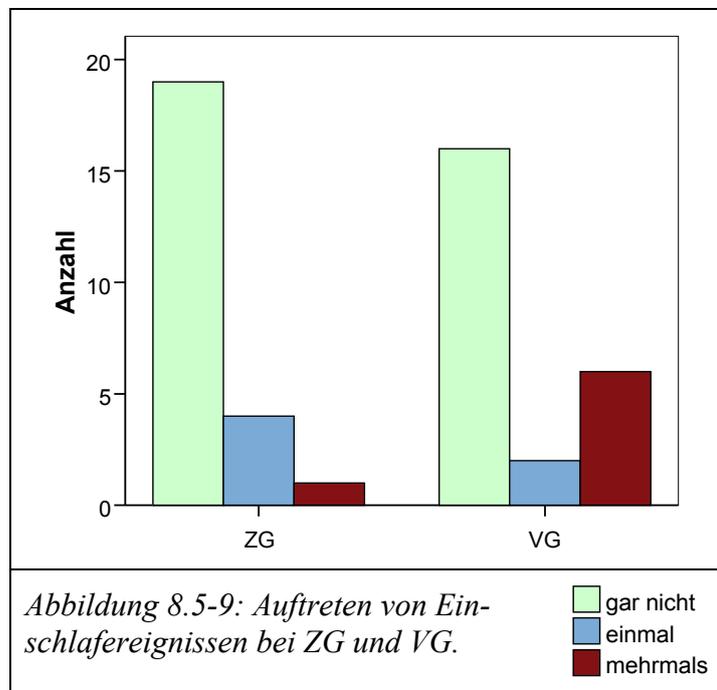


Abbildung 8.5-9: Auftreten von Einschlafereignissen bei ZG und VG.

gar nicht  
einmal  
mehrmals

<sup>79</sup> Analysen ohne diese Korrektur führten aber zu den gleichen Befunden.

<sup>80</sup> Allerdings hält dieser Befund einer Alpha-Adjustierung nicht stand ( $p > .100/5 = .020$ ).

Tabelle 8.5-15: Einschlafereignisse bei ZG und VG.

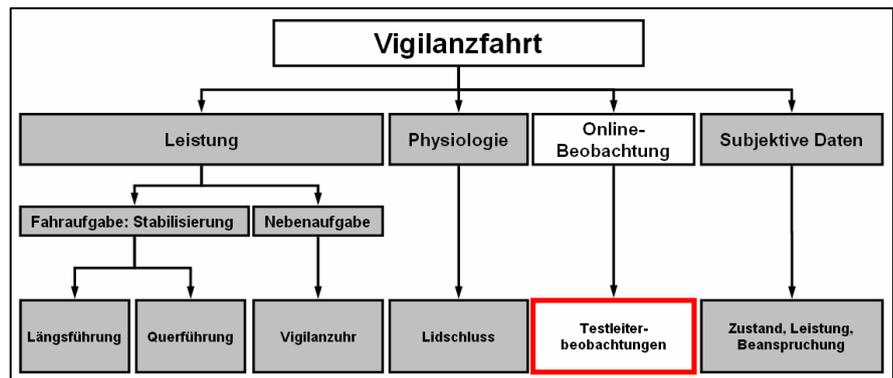
| Gruppe | Einschlafereignis        |      |             | gesamt |
|--------|--------------------------|------|-------------|--------|
|        | nein                     | ja   |             |        |
| ZG     | Anzahl                   | 19   | 5           | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 17.5 | 6.5         | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 79.2 | <b>20.8</b> | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | 0.4  | -0.6        |        |
| VG     | Anzahl                   | 16   | 8           | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 17.5 | 6.5         | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 66.7 | <b>33.3</b> | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -0.4 | 0.6         |        |
| gesamt | Anzahl                   | 35   | 13          | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 35.0 | 13.0        | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 72.9 | 27.1        | 100.0  |

$\chi^2(1)=0.95$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.330$ , 0 Zellen (0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 6.50.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass selbst tagesmüde Patienten *nicht* häufiger einschließen als gesunde Testfahrer.

8.5.6.4 Inanspruchnahme von Pausen

Tabelle 8.5-16 stellt die Inanspruchnahme von Pausen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit dar. Insgesamt nutzten zwölf Patienten die Option einer 3-Minuten-Pause bis zu sechsmal. In der VG nahmen drei Testfahrer bis zu zwei Pausen in Anspruch.



Zudem ist an dieser Stelle festzuhalten, dass fünf Patienten (aber kein gesunder Testfahrer) den Versuch vorzeitig abbrechen, was im Hinblick auf die Selbsteinschätzung ebenfalls als positiv zu werten ist.<sup>81</sup> Nur einer der fünf (Hoehn & Jahr 3 ohne Tagesmüdigkeit) brach den Versuch direkt ab, ohne vorher die Option einer Pause zu nutzen.

<sup>81</sup> H&Y1 o. TM: 0; H&Y1 m. TM: 1; H&Y2 o. TM: 2; H&Y2 m. TM: 1; H&Y3 o. TM: 1; H&Y3 m. TM: 0.

Tabelle 8.5-16: Inanspruchnahme von Pausen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit.

| Gruppe | Pausen  | H&Y1<br>o. TM | H&Y1<br>m. TM | H&Y2<br>o. TM | H&Y2<br>m. TM | H&Y3<br>o. TM <sup>a</sup> | H&Y3<br>m. TM |
|--------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|---------------|
| ZG     | keine   | 4             | 1             | 1             | 1             | 4                          | 1             |
|        | eine    | 0             | 1             | 1             | 0             | 0                          | 1             |
|        | mehrere | 0             | 2             | 2             | 3             | 0                          | 2             |
| VG     | keine   | 4             | 2             | 3             | 4             | 4                          | 4             |
|        | eine    | 0             | 1             | 1             | 0             | 0                          | 0             |
|        | mehrere | 0             | 1             | 0             | 0             | 0                          | 0             |

<sup>a</sup> Ein Patient dieser Gruppe brach den Versuch vorzeitig ab, ohne vorher die Option einer Pause zu nutzen.

Für die inferenzstatistische Auswertung wurde die Inanspruchnahme von Pausen und der vorzeitige Abbruch des Versuch in einer Variable dichotomisiert (keine Pause vs. mindestens eine Pause oder vorzeitiger Abbruch) und mittels Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln analysiert (s. Abbildung 8.5-10 und Tabelle 8.5-17 sowie die Tabellen 44 und 45 in Anhang 1.3.3).

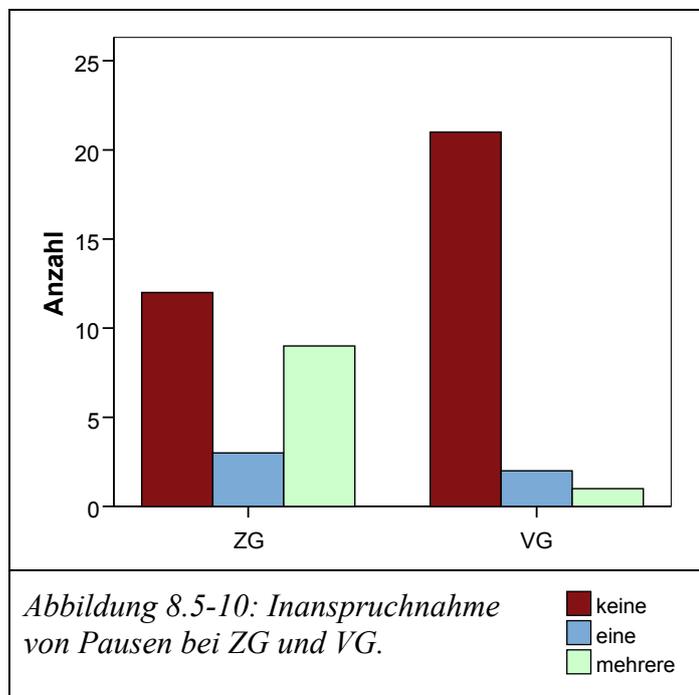
Diese bestätigten, dass die Patienten hochsignifikant häufiger Pausen in Anspruch nahmen als die gesunden Testfahrer (54.2% vs. 12.5%,  $p=.002$ ), wobei dies insbesondere für

- tagesmüde Patienten (75% vs. 16.7%,  $p=.004$ ; vgl. ohne Tagesmüdigkeit: 33.3% vs. 8.3%,  $p=.317$ ) und
- Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 (75.0% vs. 12.5%,  $p=.012$ ; vgl. Hoehn & Yahr 1: 37.5% vs. 25.0%,  $p=1.000$  und Hoehn & Yahr 3: 50.0% vs. 0.0%,  $p=.077^{82}$ ) galt.

Sicher aufgrund zu geringer Zellbesetzungen lieferte die Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit keine Signifikanzen, so dass die zugehörige Kontingenztafel auch im Anhang nicht dargestellt wurde.

Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass die ZG Hoehn & Yahr 1 ohne Tagesmüdigkeit hier eine Ausnahme bildete (s. Tabelle 8.5-16): Keiner ihrer Patienten nahm eine Pause in Anspruch, was bei ihrem Leistungsprofil aber auch angemessen erschien.

Anders war dies bei der ZG Hoehn & Yahr 3 ohne Tagesmüdigkeit, in der ebenfalls kein Patient die Option einer Pause nutzte (von dem Patienten, der die Fahrt direkt abbrach, abgesehen). So war dies bei ihnen zwar nicht im Hinblick auf ihren Zustand (keiner der Patienten war eingeschlafen), aber im Hinblick auf ihre signifikanten Einbußen in der Querregelung (s. 8.5.6.1.2) als kritisch anzusehen.



<sup>82</sup> Ordnet man hier den Patienten, der die Fahrt vorzeitig abbrach, aber vorher keine Pause machte, der Gruppe ohne Pause zu, geht die Tendenz verloren ( $p=.200$ ).

Tabelle 8.5-17: Inanspruchnahme von Pausen bei ZG und VG.

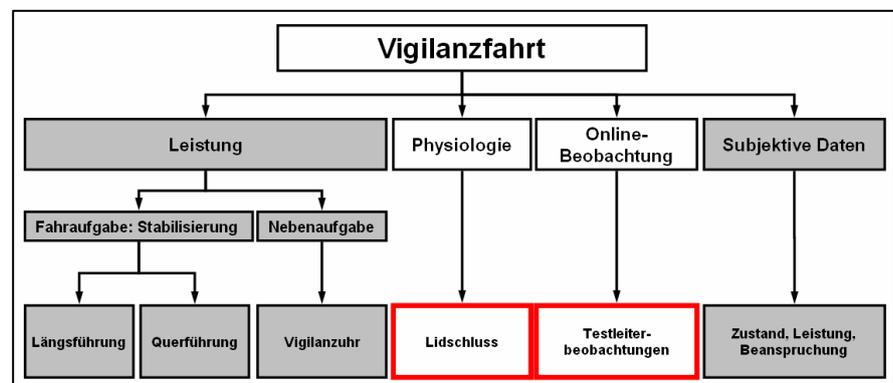
| Gruppe |                          | Pause/ vorzeitiger Abbruch |             | gesamt |
|--------|--------------------------|----------------------------|-------------|--------|
|        |                          | nein                       | ja          |        |
| ZG     | Anzahl                   | 11                         | 13          | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 16.0                       | 8.0         | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 45.8                       | <b>54.2</b> | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -1.3                       | <b>1.8</b>  |        |
| VG     | Anzahl                   | 21                         | 3           | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 16.0                       | 8.0         | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 87.5                       | <b>12.5</b> | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | 1.3                        | <b>-1.8</b> |        |
| gesamt | Anzahl                   | 32                         | 16          | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 32.0                       | 16.0        | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 66.7                       | 33.3        | 100.0  |

$\chi^2(1)=9.38$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.002$ , 0 Zellen (0.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 8.00.

Auch diese Befunde belegen also deutlich den Einsatz kompensatorischer Bemühungen bei Parkinson-Patienten. So nutzten insbesondere tagesmüde Patienten und Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 die Option der 3-Minuten-Pausen. Ebenso brachen ausschließlich Patienten die Fahrt vorzeitig ab.

#### 8.5.6.5 Umgang mit Müdigkeit

Der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Einschlafereignissen und der Inanspruchnahme von Pausen (bzw. eines vorzeitigen Versuchsabbruchs) sollte einen Eindruck über die Güte des Umgangs mit Müdigkeit und der eigenen Zustandseinschätzung geben. Dazu wurden alle Testfahrer betrachtet, die *entweder* eingeschlafen waren *und/ oder* mindestens eine Pause einlegten bzw. den Versuch vorzeitig abbrechen.



Dazu wurden alle Testfahrer betrachtet, die *entweder* eingeschlafen waren *und/ oder* mindestens eine Pause einlegten bzw. den Versuch vorzeitig abbrechen.

Anschließend wurde eine Variable zum Umgang mit Müdigkeit gebildet, welche die folgenden drei Kategorien umfasste:

- eingeschlafen und keine Pause gemacht (Schlaf + Pause -),
- eingeschlafen, aber Pause gemacht (Schlaf + Pause +) und
- nicht eingeschlafen und Pause gemacht (Schlaf - Pause +).

Diese Variable wurde mit der Gruppenzugehörigkeit (ZG vs. VG) kreuzklassifiziert, wobei der zugehörige Chi-Quadrat-Test für Kontingenztafeln einen hochsignifikanten Zusammenhang bestätigte (Tabelle 8.5-18): So nahmen die Patienten gehäuft Pausen in Anspruch, ohne einzuschlafen, während die gesunden Testfahrer gehäuft einschlieften, ohne eine Pause einzu-

legen. Scheinbar ist es acht Patienten gelungen, Einschlafereignisse durch adäquates Pausieren zu verhindern. Die gesunden Testfahrer schienen dies erst gar nicht oder zu spät in Erwägung zu ziehen. Fünf von ihnen schliefen zwar ein, nutzten aber nicht einmal die Möglichkeit einer Pause. Indessen ist keiner der Patienten eingeschlafen, ohne nicht wenigstens einmal zu pausieren.

Tabelle 8.5-18: Umgang mit Müdigkeit bei ZG und VG.

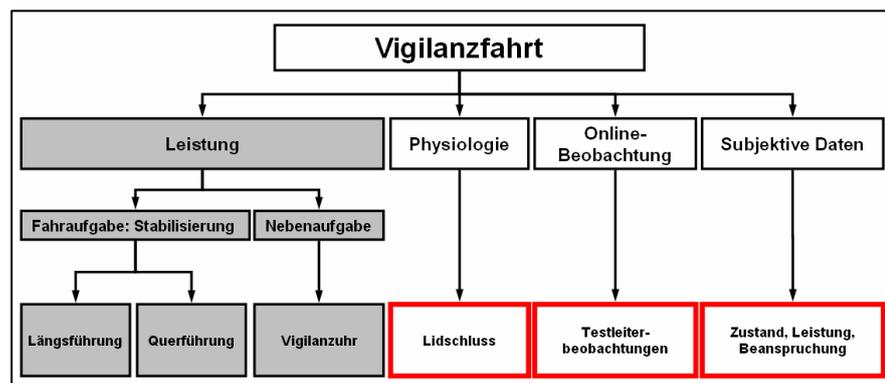
| Gruppe |                          | Schlaf +<br>Pause - | Schlaf +<br>Pause + | Schlaf -<br>Pause + | gesamt |
|--------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| ZG     | Anzahl                   | 0                   | 5                   | 8                   | 13     |
|        | Erwartete Anzahl         | 3.1                 | 5.0                 | 5.0                 | 13     |
|        | % von Gruppe             | <b>0.0</b>          | <b>38.5</b>         | 61.5                | 100    |
|        | Standardisierte Residuen | <b>-1.8</b>         | .0                  | 1.4                 |        |
| VG     | Anzahl                   | 5                   | 3                   | 0                   | 8      |
|        | Erwartete Anzahl         | 1.9                 | 3.1                 | 3.1                 | 8      |
|        | % von Gruppe             | 62.5                | <b>37.5</b>         | <b>0.0</b>          | 100    |
|        | Standardisierte Residuen | 2.2                 | <b>-0</b>           | <b>-1.8</b>         |        |
| gesamt | Anzahl                   | 5                   | 8                   | 8                   | 21     |
|        | Erwartete Anzahl         | 5.0                 | 8.0                 | 8.0                 | 21     |
|        | % von Gruppe             | 23.8                | 38.1                | 38.1                | 100    |

$\chi^2(2)=13.05$ ,  $p(\text{exakt})=.002$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.90.

Insgesamt ging die ZG also verantwortungsbewusster mit Müdigkeit um. Sie schien ihren Zustand besser einschätzen und v.a. auch kontrollieren zu können.

8.5.6.6 Einschlafereignisse, Testleiter-Rating und subjektive Zustandseinschätzung (Items aus Online-Beobachtung und Online-Befragung)

Das Auftreten von Einschlafereignissen wurde einerseits mit der Beurteilung durch den Testleiter, andererseits mit dem subjektiven Urteil der Testfahrer verglichen.



Als Testleiterurteil wurde dessen Rating zum Zustand der Testfahrer (11-stufige Kategorial-Skala aus Tabelle 8.5-1 in Abschnitt 8.5.3) herangezogen. Dieses wurde in eine dichotome Variable umgewandelt, die angab, ob der Testfahrer in der gesamten Fahrt mindestens einmal als mindestens schläfrig (Wert  $\geq 7$ ) beurteilt wurde. Diese Variable wurde schließlich - getrennt für ZG und VG - mit dem Auftreten von Einschlafereignissen (laut Lidschluss) kreuzklassifiziert (s. Tabelle 8.5-19). Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln lieferten dabei für beide Gruppen einen signifikanten Zusammenhang. Auffällig war die maximale Sensitivität des Testleiterurteils (100% in beiden Gruppen), während die Spezifität v.a. in der ZG nicht besonders hoch war (ZG 56% vs. VG 69%). Dies ist natürlich auch dadurch zu erklären, dass der Zustand „schläfrig“ nicht notwendigerweise

mit dem Auftreten eines Einschlafereignisses einhergehen muss. Insbesondere in der ZG bestanden diesbezüglich ja sehr starke und wohl auch erfolgreiche kompensatorische Bemühungen (s. Abschnitte 8.5.6.4 und 8.5.6.5).

*Tabelle 8.5-19: Testleiterurteil zum Zustand des Fahrers (dichotomisiert) und das Auftreten von Einschlafereignissen laut Lidschluss bei ZG und VG.*

| Gruppe | Testleiterurteil mind. 1x mind. schläfrig | Einschlafereignis (Lidschlussdauer > 1sek) |             |              |       |
|--------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|--------------|-------|
|        |                                           | nein                                       | ja          | gesamt       |       |
| ZG     | nein                                      | Anzahl                                     | 9           | 0            | 9     |
|        |                                           | Erwartete Anzahl                           | 6.9         | 2.1          | 9.0   |
|        |                                           | % von Einschlafereignis                    | <b>56.3</b> | 0.0          | 42.9  |
|        |                                           | Standardisierte Residuen                   | .8          | -1.5         |       |
|        | ja                                        | Anzahl                                     | 7           | 5            | 12    |
|        |                                           | Erwartete Anzahl                           | 9.1         | 2.9          | 12.0  |
|        |                                           | % von Einschlafereignis                    | 43.8        | <b>100.0</b> | 57.1  |
|        |                                           | Standardisierte Residuen                   | -.7         | 1.3          |       |
|        | gesamt                                    | Anzahl                                     | 16          | 5            | 21    |
|        |                                           | Erwartete Anzahl                           | 16.0        | 5.0          | 21.0  |
|        |                                           | % von Einschlafereignis                    | 100.0       | 100.0        | 100.0 |
|        |                                           |                                            |             |              |       |
| VG     | nein                                      | Anzahl                                     | 11          | 0            | 11    |
|        |                                           | Erwartete Anzahl                           | 7.3         | 3.7          | 11.0  |
|        |                                           | % von Einschlafereignis                    | <b>68.8</b> | 0.0          | 45.8  |
|        |                                           | Standardisierte Residuen                   | 1.4         | -1.9         |       |
|        | ja                                        | Anzahl                                     | 5           | 8            | 13    |
|        |                                           | Erwartete Anzahl                           | 8.7         | 4.3          | 13.0  |
|        |                                           | % von Einschlafereignis                    | 31.3        | <b>100.0</b> | 54.2  |
|        |                                           | Standardisierte Residuen                   | -1.3        | 1.8          |       |
|        | gesamt                                    | Anzahl                                     | 16          | 8            | 24    |
|        |                                           | Erwartete Anzahl                           | 16.0        | 8.0          | 24.0  |
|        |                                           | % von Einschlafereignis                    | 100.0       | 100.0        | 100.0 |
|        |                                           |                                            |             |              |       |

ZG:  $X^2(1)=4.92$ ,  $p(\text{exakt})=.045$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.14.

VG:  $X^2(1)=10.15$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.001$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.67.

Um das Auftreten von Einschlafereignissen mit der subjektiven Zustandseinschätzung der Testfahrer zu vergleichen, wurde das Item zur Wahrscheinlichkeit von Einschlafereignissen betrachtet (s. Abschnitt 8.5.4). Wiederum wurde dazu eine dichotome Variable gebildet, welche angab, ob die Testfahrer ein Einschlafereignis mindestens einmal für mindestens „möglich“ hielten. Auch diese Variable wurde getrennt für ZG und VG mit dem Auftreten von Einschlafereignissen (laut Lidschluss) kreuztabelliert (s. Tabelle 8.5-20). Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln konnten allerdings nur für die ZG einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen dem subjektiven Urteil zur Wahrscheinlichkeit und dem tatsächlichen Auftreten von Einschlafereignissen bestätigen: Alle Patienten, bei denen im Verlauf der Fahrt mindestens ein Einschlafereignis auftrat, räumten auch mindestens einmal ein, dass sie dies für möglich hielten (Sensitivität 100%). In der VG betrug die Sensitivität dieses Selbsturteils hingegen nur 63%. Ferner war auffällig, dass immerhin 80% der „Schläfer“ in der ZG mindestens einmal sogar das Urteil „wahrscheinlich“ abgaben, während dieses Urteil in der VG von keinem Testfahrer abgegeben wurde.

Tabelle 8.5-20: Subjektives Urteil zur Wahrscheinlichkeit von Einschlafereignissen (dichotomisiert) und das Auftreten von Einschlafereignissen laut Lidschluss bei ZG und VG.

| Gruppe                   | Wahrscheinlichkeit für Einschlafereignis mind. „möglich“ | Einschlafereignis (Lidschlussdauer > 1sek) |             |              |       |
|--------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|--------------|-------|
|                          |                                                          | nein                                       | ja          | gesamt       |       |
| ZG                       | nein                                                     | Anzahl                                     | 9           | 0            | 9     |
|                          |                                                          | Erwartete Anzahl                           | 6.9         | 2.1          | 9.0   |
|                          |                                                          | % von Einschlafereignis                    | <b>56.3</b> | 0.0          | 42.9  |
|                          |                                                          | Standardisierte Residuen                   | .8          | -1.5         |       |
|                          | ja                                                       | Anzahl                                     | 7           | 5            | 12    |
|                          |                                                          | Erwartete Anzahl                           | 9.1         | 2.9          | 12.0  |
|                          |                                                          | % von Einschlafereignis                    | 43.8        | <b>100.0</b> | 57.1  |
|                          |                                                          | Standardisierte Residuen                   | -.7         | 1.3          |       |
|                          | gesamt                                                   | Anzahl                                     | 16          | 5            | 21    |
|                          |                                                          | Erwartete Anzahl                           | 16.0        | 5.0          | 21.0  |
|                          |                                                          | % von Einschlafereignis                    | 100.0       | 100.0        | 100.0 |
|                          | VG                                                       | nein                                       | Anzahl      | 11           | 3     |
| Erwartete Anzahl         |                                                          |                                            | 9.3         | 4.7          | 14.0  |
| % von Einschlafereignis  |                                                          |                                            | <b>68.8</b> | 37.5         | 58.3  |
| Standardisierte Residuen |                                                          |                                            | .6          | -.8          |       |
| ja                       |                                                          | Anzahl                                     | 5           | 5            | 10    |
|                          |                                                          | Erwartete Anzahl                           | 6.7         | 3.3          | 10.0  |
|                          |                                                          | % von Einschlafereignis                    | 31.3        | <b>62.5</b>  | 41.7  |
|                          |                                                          | Standardisierte Residuen                   | -.7         | .9           |       |
| gesamt                   |                                                          | Anzahl                                     | 16          | 8            | 24    |
|                          |                                                          | Erwartete Anzahl                           | 16.0        | 8.0          | 24.0  |
|                          |                                                          | % von Einschlafereignis                    | 100.0       | 100.0        | 100.0 |

ZG:  $X^2(1)=4.92$ ,  $p(\text{exakt})=.045$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.14.

VG:  $X^2(1)=2.14$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.143$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.33.

Da diese Urteile zur Wahrscheinlichkeit aber möglicherweise *nach* einem Einschlafereignis angepasst wurden, wurde zusätzlich betrachtet, wie viele Testfahrer tatsächlich Einschlaf- oder Beinah-Einschlafereignisse einräumten (s. Abschnitt 8.5.4). Hierzu wurde das Auftreten von Einschlafereignissen - getrennt für ZG und VG - mit je zwei dichotomen Variablen kreuzklassifiziert (Einräumen eines Einschlafereignisses, Einräumen eines Beinah-Einschlafereignisses).

Kritischerweise resultierte weder für die ZG noch für die VG ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Einschlafereignissen laut Lidschluss und dem Einräumen von solchen durch die Testfahrer (s. Tabelle 8.5-21). Kein Testfahrer der VG und nur ein Patient, bei dem eine Lidschlussdauer von mehr als 1sek gemessen wurde, gab zu bzw. war sich bewusst, eingeschlafen zu sein.

Zumindest bestand in der ZG (nicht aber in der VG) ein hochsignifikanter Zusammenhang bzgl. der Angabe, beinahe eingeschlafen zu sein (s. Tabelle 8.5-22). So räumten dies immerhin 80% der Schläfer der ZG, aber nur 50% der Schläfer der VG ein.

Tabelle 8.5-21: Subjektives Urteil zum Auftreten von Einschlafereignissen (dichotomisiert) und das Auftreten von Einschlafereignissen laut Lidschluss bei ZG und VG.

| Gruppe                   | Mind. ein Einschlafereignis eingeräumt | Einschlafereignis (Lidschlussdauer > 1sek) |             |             |       |
|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------|
|                          |                                        | nein                                       | ja          | gesamt      |       |
| ZG                       | nein                                   | Anzahl                                     | 13          | 4           | 17    |
|                          |                                        | Erwartete Anzahl                           | 13.0        | 4.1         | 17.0  |
|                          |                                        | % von Einschlafereignis                    | <b>81.3</b> | 80.0        | 81.0  |
|                          |                                        | Standardisierte Residuen                   | .0          | -.0         |       |
|                          | ja                                     | Anzahl                                     | 3           | 1           | 4     |
|                          |                                        | Erwartete Anzahl                           | 3.1         | 1.0         | 4.0   |
|                          |                                        | % von Einschlafereignis                    | 18.8        | <b>20.0</b> | 19.1  |
|                          |                                        | Standardisierte Residuen                   | -.03        | .0          |       |
|                          | gesamt                                 | Anzahl                                     | 16          | 5           | 21    |
|                          |                                        | Erwartete Anzahl                           | 16.0        | 5.0         | 21.0  |
|                          |                                        | % von Einschlafereignis                    | 100.0       | 100.0       | 100.0 |
|                          | VG                                     | nein                                       | Anzahl      | 15          | 8     |
| Erwartete Anzahl         |                                        |                                            | 15.3        | 7.7         | 23.0  |
| % von Einschlafereignis  |                                        |                                            | <b>93.8</b> | 100.0       | 95.8  |
| Standardisierte Residuen |                                        |                                            | -.1         | .1          |       |
| ja                       |                                        | Anzahl                                     | 1           | 0           | 1     |
|                          |                                        | Erwartete Anzahl                           | .7          | .3          | 1.0   |
|                          |                                        | % von Einschlafereignis                    | 6.3         | <b>0.0</b>  | 4.2   |
|                          |                                        | Standardisierte Residuen                   | .4          | -.6         |       |
| gesamt                   |                                        | Anzahl                                     | 16          | 8           | 24    |
|                          |                                        | Erwartete Anzahl                           | 16.0        | 8.0         | 24.0  |
|                          |                                        | % von Einschlafereignis                    | 100.0       | 100.0       | 100.0 |

ZG:  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 3 Zellen (75.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 0.95.

VG:  $X^2(1)=0.52$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 0.33.

Tabelle 8.5-22: Subjektives Urteil zum Auftreten von Beinah-Einschlafereignissen (dichotomisiert) und das Auftreten von Einschlafereignissen laut Lidschluss bei ZG und VG.

| Gruppe                   | Mind. ein Beinah-Einschlafereignis eingräumt | Einschlafereignis (Lidschlussdauer < 1sek) |              |              |        |
|--------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------|--------------|--------|
|                          |                                              | nein                                       | ja           | gesamt       |        |
| ZG                       | nein                                         | Anzahl                                     | 12           | 1            | 13     |
|                          |                                              | Erwartete Anzahl                           | 9.90         | 3.10         | 13.00  |
|                          |                                              | % von Einschlafereignis                    | <b>75.00</b> | 20.00        | 61.90  |
|                          |                                              | Standardisierte Residuen                   | .67          | -1.19        |        |
|                          | ja                                           | Anzahl                                     | 4            | 4            | 8      |
|                          |                                              | Erwartete Anzahl                           | 6.10         | 1.90         | 8.00   |
|                          |                                              | % von Einschlafereignis                    | 25.00        | <b>80.00</b> | 38.10  |
|                          |                                              | Standardisierte Residuen                   | -.85         | <b>1.52</b>  |        |
|                          | gesamt                                       | Anzahl                                     | 16           | 5            | 21     |
|                          |                                              | Erwartete Anzahl                           | 16.00        | 5.00         | 21.00  |
|                          |                                              | % von Einschlafereignis                    | 100.00       | 100.00       | 100.00 |
|                          | VG                                           | nein                                       | Anzahl       | 13           | 4      |
| Erwartete Anzahl         |                                              |                                            | 11.33        | 5.67         | 17.00  |
| % von Einschlafereignis  |                                              |                                            | <b>81.25</b> | 50.00        | 70.83  |
| Standardisierte Residuen |                                              |                                            | .50          | -.70         |        |
| ja                       |                                              | Anzahl                                     | 3            | 4            | 7      |
|                          |                                              | Erwartete Anzahl                           | 4.67         | 2.33         | 7.00   |
|                          |                                              | % von Einschlafereignis                    | 18.75        | <b>50.00</b> | 29.17  |
|                          |                                              | Standardisierte Residuen                   | -.77         | 1.09         |        |
| gesamt                   |                                              | Anzahl                                     | 16           | 8            | 24     |
|                          |                                              | Erwartete Anzahl                           | 16.00        | 8.00         | 24.00  |
|                          |                                              | % von Einschlafereignis                    | 100.00       | 100.00       | 100.00 |

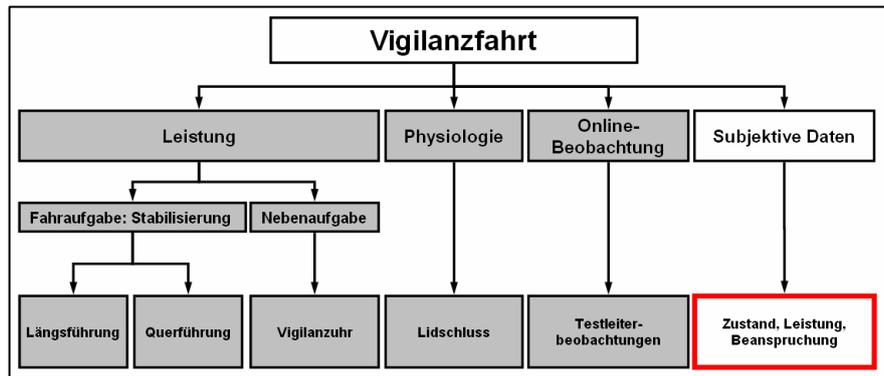
ZG:  $X^2(1)=4.89$ ,  $p(\text{exakt})=.047$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.90.

VG:  $X^2(1)=2.52$ ,  $p(\text{exakt})=.167$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.33.

Zusammenfassend sprechen auch diese Analysen dafür, dass die Parkinson-Patienten ihren Zustand besser einschätzen konnten als die gesunden Testfahrer. Nur bei Ersteren war das Auftreten von Einschlafereignissen laut Lidschluss mit ihrer subjektiven Einschätzung zur Wahrscheinlichkeit von Einschlafereignissen und dem Einräumen von Beinah-Einschlafereignissen korreliert. Allerdings bestand in beiden Gruppen kein Zusammenhang zwischen den Lidschlussdaten und dem Bericht von *tatsächlichen* Einschlafereignissen. Indessen korrelierte das Testleiterurteil zum Zustand der Testfahrer für beide Gruppen signifikant mit dem Auftreten von Einschlafereignissen laut Lidschluss, was dessen Validität unterstützt.

## 8.5.6.7 SSS vor und nach der Fahrt

Beim Score auf der SSS handelt es sich um eine ordinalskalierte Variable, der aus diesem Grund mittels Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben analysiert wurde. Betrachtet wurden die Urteile auf der SSS vor der Fahrt, nach der



Fahrt und die daraus gebildeten Differenzen (nachher - vorher). Entsprechend dem allgemeinen Auswertungskonzept wurden ZG und VG erst insgesamt und anschließend bei sukzessiver Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit verglichen.

Zunächst bestätigte aber ein Wilcoxon-Test (i. S. eines Manipulation-Checks), dass die Fahrt auf alle Testfahrer hochsignifikant ermüdend wirkte: die Urteile vor der Fahrt waren niedriger als die Urteile nach der Fahrt (Rangsumme 5 negativer Ränge (vorher > nachher): 53 vs. Rangsumme 29 positiver Ränge (vorher < nachher): 542; 14 Bindungen;  $Z=-4.24$ ,  $p<.001$ ).

Den weiteren Analysen zufolge stufte allerdings die ZG ihre Müdigkeit schon vor der Fahrt signifikant höher ein als die VG ( $p=.031$ ). Dieser Unterschied war nach der Fahrt etwas stärker ausgeprägt ( $p=.020$ ), wobei die Fahrt die ZG nur deskriptiv stärker ermüdete als die VG ( $p=.139$ ).

Durch die geschichteten Analysen wurde deutlich, dass sich die ZG Hoehn & Yahr 2 vor der Fahrt besonders müde fühlte ( $p=.016$ ), während sich die ZG Hoehn & Yahr 1 diesbezüglich nur deskriptiv ( $p=.250$ ) und die ZG Hoehn & Yahr 3 gar nicht von ihrer VG unterschied ( $p=1.000$ ). Ebenso resultierte nur eine Signifikanz für die ZG mit Tagesmüdigkeit ( $p=.020$ ), nicht aber für die ZG ohne Tagesmüdigkeit ( $p=.781$ ). Die Analysen bei einer Schichtung nach Krankheitsschwere *und* Tagesmüdigkeit lieferten keine statistisch bedeutsamen Effekte. Weder für die Ratings nach der Fahrt noch für die Wirkung der Fahrt (Differenzen) konnte eine Abhängigkeit von Schweregrad oder Tagesmüdigkeit nachgewiesen werden. (s. Abbildung 8.5-11 und Tabelle 46 in Anhang 1.3.3)

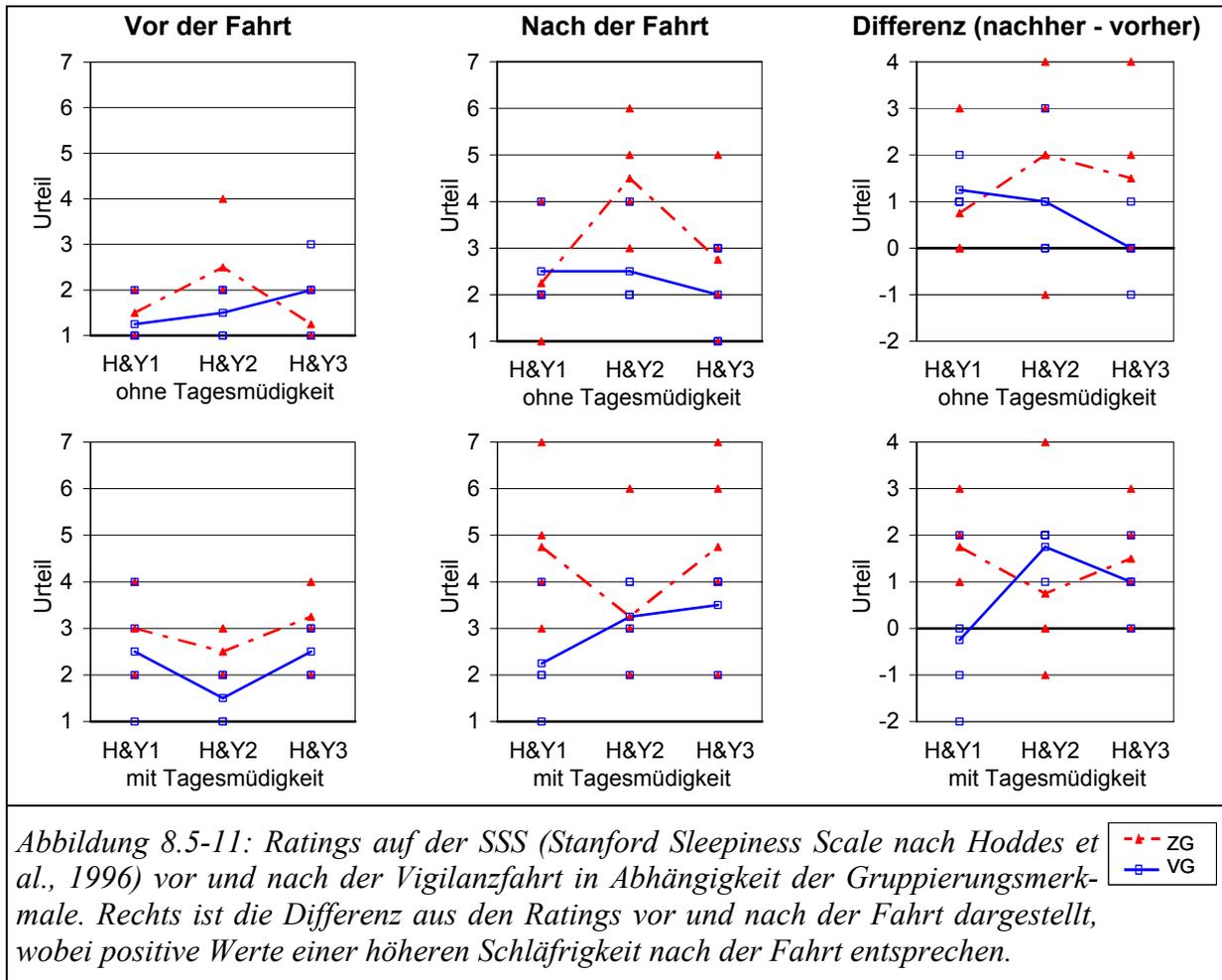
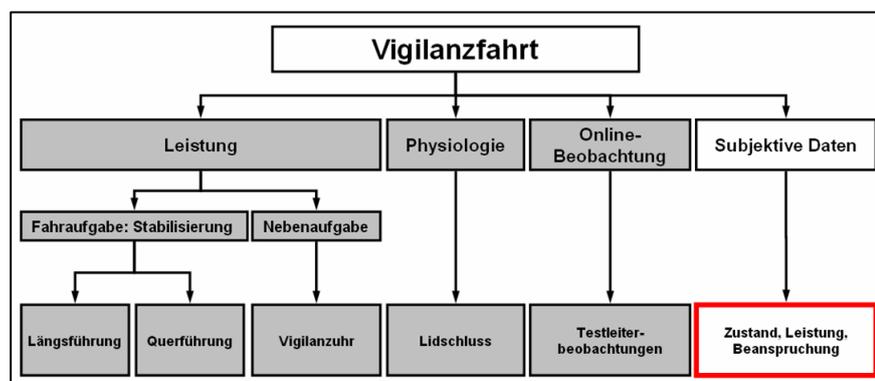


Abbildung 8.5-11: Ratings auf der SSS (Stanford Sleepiness Scale nach Hoddes et al., 1996) vor und nach der Vigilanzfahrt in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale. Rechts ist die Differenz aus den Ratings vor und nach der Fahrt dargestellt, wobei positive Werte einer höheren Schläfrigkeit nach der Fahrt entsprechen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Fahrt von allen Testfahrern gleichermaßen und hochsignifikant ermüdend empfunden wurde. Allerdings fühlten sich die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 sowie die Patienten mit Tagesmüdigkeit schon vor der Fahrt müder als ihre VG, wobei daran zu erinnern ist, dass sie dennoch nicht häufiger einschliefen. Auffällig war, dass es sich genau um die Patienten-Gruppen handelte, die gehäuft pausierten.

8.5.6.8 Subjektive Leistungsgüte und Beanspruchung

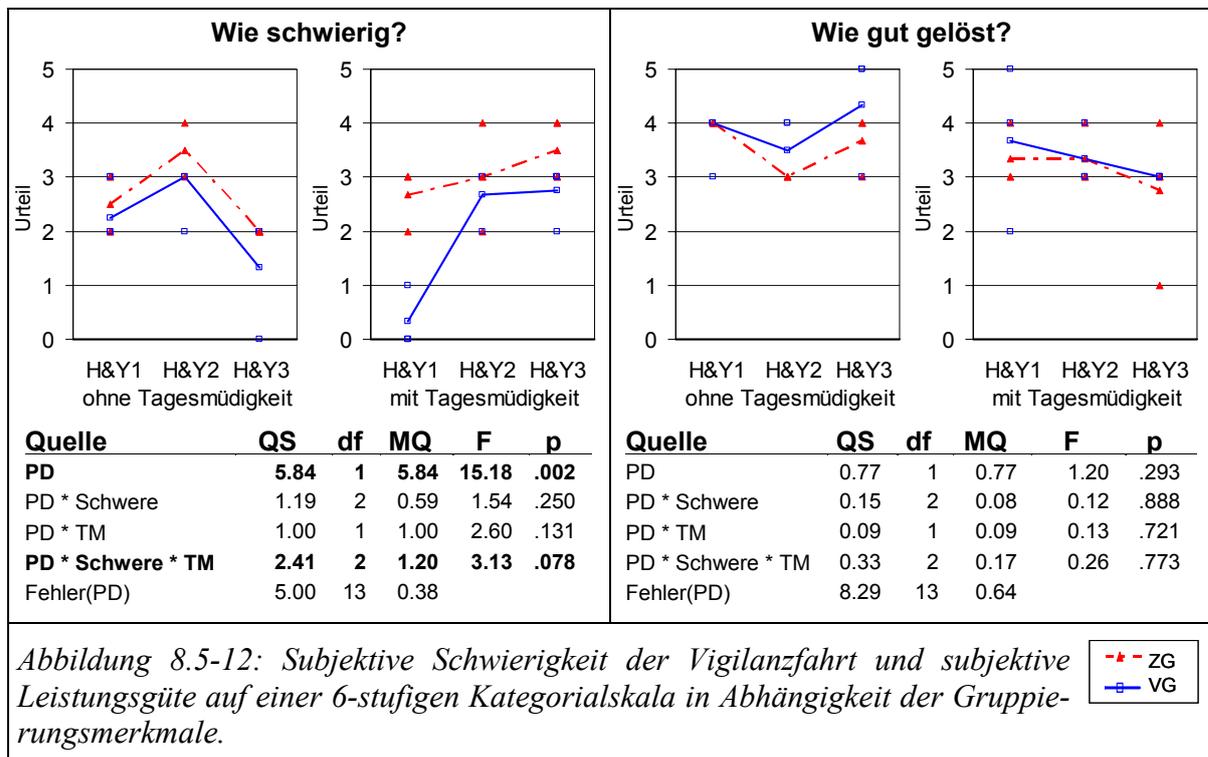
Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen im Hinblick auf die subjektive Leistungsgüte in der Vigilanzfahrt sowie die Beanspruchung durch sie wurden varianzanalytisch anhand der unter 8.5.4 beschriebenen Fragebogen-Items überprüft. Da die Patienten gehäuft dann angaben, die Aufgabe nicht gut gelöst zu haben, wenn sie die Fahrt vorzeitig abgebrochen hatten (M=2.00, SD=0.71 auf 6-stufiger Kategorienskala von 0 = gar nicht bis 5 = sehr



gut gelöst), wurden diese fünf Patienten (und demzufolge auch ihre Zwillinge) bei den Analysen zu den Items „Wie gut haben Sie die Fahraufgabe gelöst?“ und „Wie schwierig war die Fahraufgabe?“ ausgeschlossen.

Entsprechend dieser Varianzanalysen (s. Abbildung 8.5-12) wurde die Fahrt von der ZG hochsignifikant schwieriger empfunden als von der VG (Haupteffekt PD:  $p=.002$ ; ZG:  $M=2.84$ ,  $SD=0.76$ , VG:  $M=2.05$   $SD=1.08$ ), wobei aber auch eine tendenzielle 3-fach Interaktion mit Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit ( $p=.078$ ) resultierte. So beurteilten eigentlich nur die ZG Hoehn & Yahr 1 mit Tagesmüdigkeit und die ZG Hoehn & Yahr 3 mit Tagesmüdigkeit die Fahrt schwieriger als ihre VG.<sup>83</sup> Aufgrund der reduzierten Fallzahl durch den Ausschluss der Abbrecher soll dieser Interaktion aber kein allzu großes Gewicht beigemessen werden. Fast tendenziell empfanden alle tagesmüden Patienten die Fahrt als besonders schwierig (Interaktion PD x Tagesmüdigkeit:  $p=.131$ ).

Wie schon in der Fahrverhaltensprobe spiegelten sich auch hier das Urteil zur subjektiven Schwierigkeit und die Beeinträchtigungen in der Fahrleistung (Querführung) nicht in der subjektiven Leistungsgüte der Patienten wider. Wie die gesunden Testfahrer beurteilten die Patienten ihre Leistung im Durchschnitt als mittel bis gut (Haupteffekt PD:  $p=.293$ ; ZG:  $M=3.37$ ,  $SD=0.76$ ; VG:  $M=3.63$ ,  $SD=0.83$ ).



Auch die Urteile zu den Belastungsdimensionen nach Buld (2001) wurden varianzanalytisch auf eine Abhängigkeit von den Gruppierungsmerkmalen getestet. Allerdings wurden nun die Patienten, welche die Fahrt abgebrochen hatten, wieder mit eingeschlossen.

Demnach gab die ZG bei fast allen Belastungsdimensionen zumindest tendenziell höhere Ratings ab als die VG (mit Ausnahme von *Monotonie ertragen* und *Lästige Anforderungen be-*

<sup>83</sup> Die zugehörigen Post-Hoc-Tests ergaben:  
 H&Y1 o. TM:  $t=1.00$ ,  $p=.391$ ,      H&Y2 o. TM:  $t=1.00$ ,  $p=.500$ ,      H&Y3 o. TM:  $t=1.00$ ,  $p=.423$ ,  
 H&Y1 m. TM:  $t=7.00$ ,  $p=.020$ ,      H&Y2 m. TM:  $t=0.38$ ,  $p=.742$ ,      H&Y3 m. TM:  $t=3.00$ ,  $p=.058$ .

wältigen; s. Abbildung 8.5-13; die Ergebnistafeln der zugehörigen Varianzanalysen finden sich in Tabelle 47 in Anhang 1.3.3). Verglichen mit den Angaben der gesunden Testfahrer musste man also laut der Patienten in der Vigilanzfahrt mehr entscheiden (Haupteffekt *PD*:  $p=.008$ ) und in Zusammenhängen denken (Haupteffekt *PD*:  $p=.058$ ) sowie mehr körperliche Anforderungen (Haupteffekt *PD*:  $p=.076$ ) und fast tendenziell auch mehr Mehrfach Tätigkeiten (Haupteffekt *PD*:  $p=.100$ ) bewältigen. Zudem war die Fahrt ihrer Meinung nach stärker durch unsichere Bedingungen (Haupteffekt *PD*:  $p=.045$ ) und präzises Fahren (Haupteffekt *PD*:  $p=.045$ ) gekennzeichnet.

Aufgrund einer signifikanten disordinalen Wechselwirkung mit der Krankheitsschwere ( $p=.020$ ), darf der Haupteffekt *PD* zur Dimension *Aufgaben präzise ausführen* allerdings nicht interpretiert werden: Nur die ZG Hoehn & Jahr 1 empfand diese Belastungsdimension als signifikant stärker ausgeprägt als ihre VG (Post-Hoc-Test:  $t=3.91$ ,  $p=.006$ ). Für die ZG Hoehn & Jahr 2 galt das nur deskriptiv ( $t=1.05$ ,  $p=.329$ ), die ZG Hoehn & Jahr 3 gab deskriptiv sogar ein schwächeres Rating ab als ihre VG ( $t=-1.08$ ,  $p=.316$ ).

Passend zur Intention der Fahrt und i.S. eines Manipulation-Checks wurde die Dimension *Monotonie ertragen* von allen Gruppen gleichermaßen und als am stärksten ausgeprägt beurteilt ( $M=4.04$ ,  $SD=0.94$ ; Haupteffekt *PD*:  $p=.747$ ).

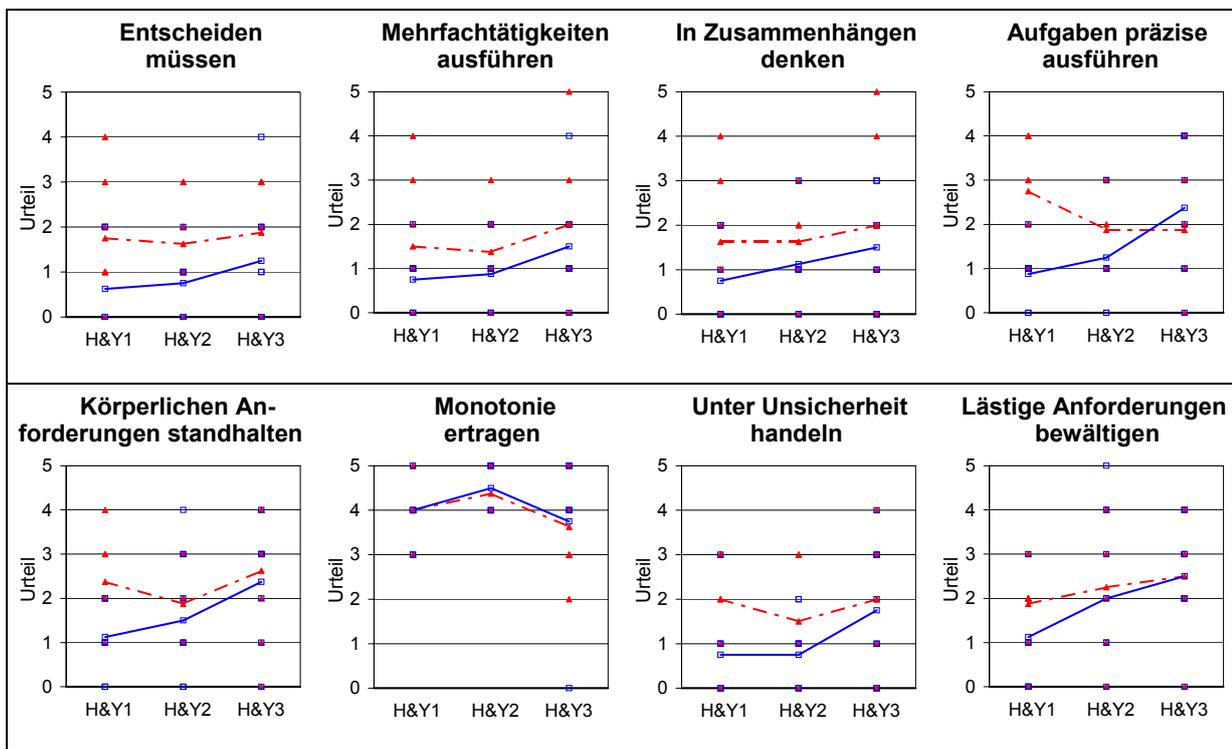


Abbildung 8.5-13: Beanspruchung durch die Vigilanzfahrt. Dargestellt sind die subjektiven Urteile auf einer 6-stufigen Kategorienskala zur Frage, wie sehr die Fahrt durch die verschiedenen Belastungsdimensionen nach Buld (2001) gekennzeichnet war. —▲— ZG  
—■— VG

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Patienten die Fahrt (verglichen mit gesunden Testfahrern) als beanspruchender und schwieriger empfanden. Allerdings beurteilten sie ihre eigene Leistung - trotz deutlich nachgewiesener Beeinträchtigungen in der Querführung - nur dann als schlechter, wenn sie die Fahrt vorzeitig abgebrochen hatten. Bedeutsame Einflüsse

der Krankheitsschwere fanden sich insgesamt nicht, nur deskriptiv wurde die Fahrt von tagemüden Patienten als besonders schwierig empfunden.

Auffällig war, dass die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 1 die Belastungsdimension *Aufgaben präzise ausführen* als besonders charakteristisch für die Fahrt empfanden, obwohl sie kaum Beeinträchtigungen in der Querführung hatten. Dies könnte auf eine erfolgreiche Kompensation hinweisen, deren Kosten auch subjektiv wahrgenommen wurden. Mit zunehmendem Schweregrad schienen aber diese Wahrnehmung einer (erkrankungsbedingt) erhöhten Beanspruchung psychomotorischer Fähigkeiten verloren gegangen und entsprechende Beeinträchtigungen auch nicht mehr (vollständig) kompensiert worden zu sein.

### 8.5.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Vigilanzfahrt

Insgesamt wurden bei den Patienten deutliche Beeinträchtigungen in der Querregelung evident, die auch mit Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit assoziiert waren und größtenteils schon im ersten Viertel der Fahrt bestanden.

So waren ab dem Hoehn-Yahr-Stadium 2 eine erhöhte SDLP und ein vermehrtes Abkommen von der Fahrbahn nach rechts nachweisbar. Die Patienten im Stadium 1 erbrachten diesbezüglich gleich gute Leistungen wie ihre VG. Sie unterschieden sich somit deutlich von den Stadien 2 und 3, welche nur deskriptiv voneinander differierten, aber insbesondere am Ende der Fahrt durch eine sehr hohe interindividuelle Variabilität auffielen. Das Ausmaß der motorischen Beeinträchtigungen reichte also nicht aus, um zwischen einer guten und einer schlechten Fahrleistung zu differenzieren.

Bei tagemüden Patienten schienen die Probleme in der Spurhaltung zudem gehäuft mit einer Gefährdung des Gegenverkehrs assoziiert zu sein.

Im zusammenfassenden Spurindex schnitten schließlich alle ZG (mit Ausnahme der Patienten im Stadium 1 ohne Tagesmüdigkeit) schlechter ab als ihre VG, wobei die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 3 sowie die Patienten mit Tagesmüdigkeit besonders deutliche Defizite erkennen ließen. Im Sinne einer multiplikativen Wirkung nahm aber hier die Bedeutung der Tagesmüdigkeit mit zunehmendem Schweregrad ab.

Im Verlauf der Fahrt nahm die SDLP bei ZG und VG in vergleichbarem Maße zu. Beim Rechtsabkommen fielen aber die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 3 und auch die tagemüden Patienten durch einen besonders deutlichen Leistungsabfall auf.

Diese Einbußen zeigten sich, obwohl die ZG am Ende der Fahrt eine geringere Geschwindigkeit und einen größeren Abstand zum Vordermann wählte, während die VG im Verlauf der Fahrt schneller wurde und den Abstand zum Vordermann verminderte. Ein bedeutsamer Einfluss der Tagesmüdigkeit fand sich in der Längsführung nicht, allerdings deuteten die Daten an, dass die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 zu einer besonders geringen Geschwindigkeit tendierten.

Missings in der Nebenaufgabe nahmen nur bei der ZG zu, wobei dieser Effekt primär darauf zurückging, dass es fast ausschließlich Patienten waren, welche die Vigilanzuhr irgendwann gar nicht mehr bearbeiteten. Zudem deuteten die Analysen auf einen besonders starken Leistungsabfall bei Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 hin. Da aber die Fahraufgabe in der Instruktion als Primäraufgabe deklariert wurde, ist zu überlegen, ob das Missachten der Vigilanzuhr hier nicht positiv, i.S. kompensatorischer Bemühungen, gewertet werden sollte.

Insgesamt bestanden also bei der ZG schon im ersten Viertel der Fahrt deutliche Beeinträchtigungen in der Querregelung, wobei die Fahrt selbst auf die leichter erkrankten Patienten (Hoehn & Yahr-Stadien 1 und 2) ohne Tagesmüdigkeit nicht stärker beeinträchtigend wirkte als auf die gesunden Testfahrer. Möglicherweise ist ihnen dies durch ihre kompensatorischen Bemühungen in der Längsregelung und auf Kosten der Nebenaufgabe gelungen. Nur bei den

Patienten mit Tagesmüdigkeit und im Hoehn & Yahr-Stadium 3 reichte diese Kompensation offensichtlich nicht aus und ein deutlicher Leistungsabfall (Abkommen rechts) wurde manifest.

Ein wesentlicher Befund war, dass die ZG nicht häufiger einschlieft als die VG. Das galt auch für die tagesmüden Patienten - obschon sie sich bereits vor der Fahrt müder fühlten als ihre VG. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist auch dieser Befund durch kompensatorische Bemühungen zu erklären. So waren es vor allem die tagesmüden Patienten, welche die Option der 3-Minuten-Pausen nutzten. Damit reagierten sie auch adäquat auf ihren deutlichen Leistungsabfall in der Querregelung.

Kritischerweise galt dies nicht für die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 3 ohne Tagesmüdigkeit. Sie waren zwar nicht eingeschlafen, hatten aber deutliche Leistungseinbußen in der Querregelung zu verbuchen. Dass sie die Option einer Pause nicht in Anspruch nahmen, ist aber möglicherweise auch dadurch zu erklären, dass sie diese nur als Mittel zur Verhinderung von Einschlafereignissen und nicht als Mittel zur Kontrolle von Leistungsveränderungen im Fahrverhalten ansahen.

Anders war dies bei den Patienten der ZG Hoehn & Yahr 2. Auch sie fühlten sich schon vor der Fahrt müder als ihre VG, nahmen gehäuft Pausen in Anspruch und hatten keinen größeren Leistungsabfall in der Querführung zu verzeichnen. Vermutlich wurden diese Patienten durch ihre (subjektiv) stärkere Müdigkeit eher zu Pausen veranlasst, wovon vielleicht auch ihre Spurhaltung profitierte. Andererseits schienen sie aber auch auf anderen Ebenen (Längsführung, Vigilanzuhr) etwas mehr zu kompensieren als die Patienten im Stadium 3 (s. oben).

Insgesamt soll der Wirkung der Pausen auf die Fahrleistung aber kein allzu großes Gewicht beigemessen werden, da sie nur als Ausdruck eines verantwortungsbewussten Umgangs mit und nicht in ihrer Effizienz gegen Müdigkeit untersucht wurden.

Obwohl die ZG die Vigilanzfahrt als schwieriger und beanspruchender empfand als die VG, stufte sie ihre Leistung nicht schlechter ein. Diese schlechtere Selbsteinschätzung auf der Leistungsebene galt aber nicht für die Beurteilung des eigenen Zustands. Hier waren die Patienten der VG klar überlegen: Nur ihre, nicht aber die Einschätzungen der gesunden Testfahrer zum Auftreten von (Beinah-)Einschlafereignissen korrelierten mit dem durch den Lidschluss erfassten Auftreten von Einschlafereignissen. Sie konnten ihren Zustand also zum einen besser einschätzen und zum anderen durch adäquates Pausieren auch besser kontrollieren.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Tagesmüdigkeit tatsächlich einen signifikanten Einfluss auf die Fahrleistung hatte. Aber wie die Krankheitsschwere war auch sie kein ausreichendes Kriterium, um über die Fahrtauglichkeit des einzelnen Patienten zu entscheiden. Analog zu den Befunden aus der Fahrverhaltensprobe wurden wiederum der Einsatz und v.a. auch die Effizienz kompensatorischer Bemühungen im Fahrverhalten von Parkinson-Patienten klar belegt.

## 8.6 ART-2020

Wie in Abschnitt 2.3.2 eingehend erläutert, wird die Validität der in der Fahreignungsdiagnostik standardmäßig eingesetzten Leistungstests für Senioren und v.a. auch für neurologische Patienten zunehmend kritisiert. So sollte anhand der Testbatterie am ART-2020 überprüft werden, ob sich die angewandten Verfahren grundsätzlich zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten (und älteren Fahrern) eignen. Zudem war von besonderem Interesse, in welchen der Tests sich erkrankungsbedingte Defizite der ZG widerspiegeln und ob es sich ggf. eher um (psycho-)motorische oder kognitive Beeinträchtigungen handelte. Wiederum sollte - entsprechend dem allgemeinen Auswertungskonzept - untersucht werden, ob sich ZG und VG dabei grundsätzlich voneinander unterscheiden und ob ggf. eine Abhängigkeit vom Schweregrad der Parkinson-Erkrankung und/ oder dem Vorliegen von Tagesmüdigkeit bestand. Dazu sollte

- das Bestehen der Testbatterie nach den Kriterien der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) betrachtet werden, aber auch
- ein Vergleich der einzelnen Testparameter mit der Normstichprobe am ART-2020 (ausgegebene Prozentränge) stattfinden sowie
- eine Analyse der von den Testpersonen erbrachten Rohwerte erfolgen.

Neben dem Vergleich mit der Normstichprobe sollte schließlich auch eine Gegenüberstellung der am ART-2020 und der in der Fahrverhaltensprobe gewonnenen Befunde (s. Abschnitt 8.8) Auskunft über die Validität der Tests für Senioren und Parkinson-Patienten geben.

### 8.6.1 Zusammenstellung der Testbatterie

In die für die vorliegende Fall-Kontroll-Studie zusammengestellte Testbatterie wurden die folgenden Leistungstests aufgenommen, wobei die Reihenfolge auch der Reihenfolge der Durchführung entspricht:

- GEMAT3 (Test zur Erfassung der optischen Merkfähigkeit; Bukasa & Wenninger, 2001a)
- Q1 (Test zur Erfassung der Aufmerksamkeitsleistung unter Monotonie; Bukasa & Wenninger, 2001d)
- LL5 (Test zur Erfassung der visuellen Strukturierungsfähigkeit; Bukasa & Wenninger, 2001b)
- TT15 (Test zur Erfassung der verkehrsspezifischen Überblicksgewinnung; Bukasa & Wenninger, 2001f)
- MAT (Test zur Erfassung der nonverbalen Intelligenz; Bukasa & Wenninger, 2001c)
- RST3 (Test zur Erfassung der reaktiven Belastbarkeit; Bukasa & Wenninger, 2001e)
- DR2 (Test zur Erfassung des Entscheidungs- und Reaktionsverhaltens in einem dynamischen Fahrsetting; Bukasa, Piringer & Wenninger, 2001)

Die genannten Tests können den in der FeV genannten Leistungsgebieten wie folgt zugeordnet werden (vgl. Schubert et al., 2005):

- Belastbarkeit: RST3
- Orientierung: LL5, TT15
- Konzentration und Aufmerksamkeit: Q1
- Reaktionsfähigkeit: RST3, DR2.

Beim GEMAT3 und MAT handelt es sich um Verfahren, die der Erfassung von Merkfähigkeit und Intelligenz dienen. Diese werden in der FeV zwar nicht genannt, kommen aber in Österreich (zumindest alternativ) standardmäßig zum Einsatz. Zudem erschienen sie im Rahmen der vorliegenden Untersuchung relevant, um potentielle kognitive Defizite von Parkinson-Patienten nachweisen zu können.

Zusätzlich wurden zur Untersuchung verkehrsrelevanter Persönlichkeitsmerkmale der FRF (Fragebogen zur Risikobereitschaft; Schmidt & Piringer, 1986a), der VIP (Verkehrsspezifischer Itempool; Schmidt & Piringer, 1986b) und der VPT.2 (Verkehrsbezogener Persönlichkeitstest; Hutter, Bukasa, Wenninger & Brandstätter, 1997) am ART-2020 vorgegeben.

Im Folgenden sollen die eingesetzten Verfahren kurz beschrieben werden. Nach einem Überblick über die durchgeführten statistischen Analysen werden schließlich die zugehörigen Befunde berichtet.

### 8.6.2 Beschreibung der Testverfahren

Der *GEMAT3* erfasst die optische Merkfähigkeit, indem er die Gedächtnisleistung an nonverbialem Material durch Rekognition (Multiple Choice) überprüft.

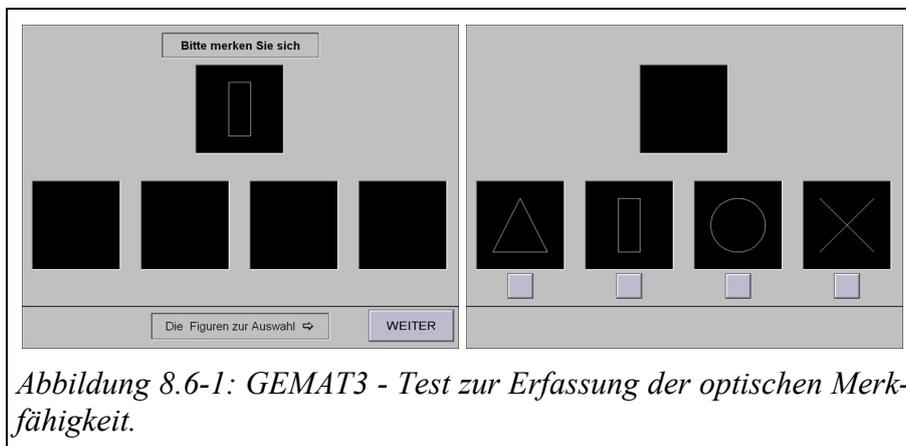


Abbildung 8.6-1: *GEMAT3* - Test zur Erfassung der optischen Merkfähigkeit.

Hier werden am Bildschirm in insgesamt acht Durchgängen für jeweils zwei Sekunden drei geometrische Figuren hintereinander dargeboten. Diese sollen anschließend aus je 3x4 (ebenfalls hintereinander dargebotenen) Antwortalternativen wiedererkannt werden. Der

Test dauert etwa acht Minuten, ausgewertet wird die Anzahl richtig erkannter Figuren. (s. Abbildung 8.6-1)

Der *Q1* erfasst die Aufmerksamkeitsleistung unter monotonen Bedingungen. Hier werden konstant vier Vorlagenzeichen und jeweils ein variierendes Vergleichszeichen dargeboten. Letzteres ist entweder identisch mit einem der vier Vorlagenzeichen oder eine von 20 im Detail abgewandelten Figuren. Die Testperson soll unmittelbar während der Darbietung des Vergleichszeichens durch Drücken der entsprechenden Taste angeben, ob dieses mit einem der Vorlagenzeichen übereinstimmt oder nicht. Nach jedem bearbeiteten Vergleichsreiz erscheint sofort der nächste, unabhängig davon, ob der vorhergehende richtig oder falsch beantwortet wurde. Erfasst wird die Leistungsquantität (Anzahl bearbeiteter Zeichen) und -qualität (Anzahl Richtige und Anzahl Falsche, % Falsche) bei einer Testdauer von etwa acht bis neun Minuten. (s. Abbildung 8.6-2)

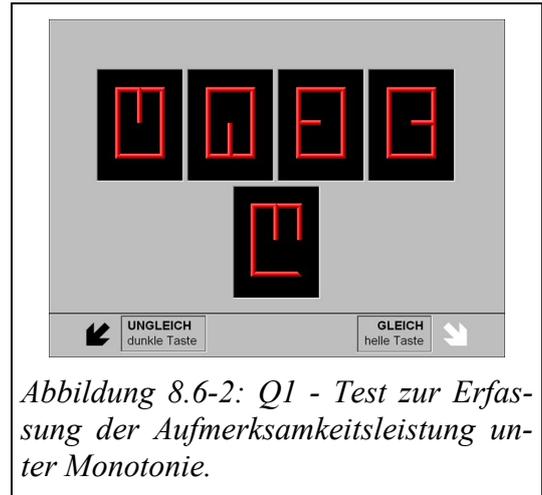


Abbildung 8.6-2: *Q1* - Test zur Erfassung der Aufmerksamkeitsleistung unter Monotonie.

Mit Hilfe des Linienlabyrinthtests *LL5* soll die visuelle Strukturierungsfähigkeit bzw. die Fähigkeit, „einfache optische Strukturen in einem relativ komplexen Umfeld zielgerichtet und unbeeinflusst von Störungen unter Zeitdruck zu verfolgen“ geprüft werden (Bukasa, Kisser & Wenninger, 1990, S. 152). Dazu werden insgesamt fünf Testbilder mit neun ineinander verschlungenen Linien dargeboten. Der Anfangspunkt jeder Linie ist durch eine Zahl gekennzeichnet, der Endpunkt ist durch einen Buchstaben markiert. Die Testperson soll für möglichst viele Linien per Touchscreen denjenigen Buchstaben angeben, der das Ende der jeweiligen Linie darstellt. Dabei besteht pro Testbild eine zeitliche Begrenzung von 40 Sekunden. Der Test dauert also knapp vier Minuten, wobei insgesamt 45 Linien präsentiert werden. Ausgewertet wird auch hier die Leistungsquantität (Anzahl bearbeiteter Linien) und -qualität (Anzahl Richtige, Anzahl Falsche, % Falsche). (s. Abbildung 8.6-3)

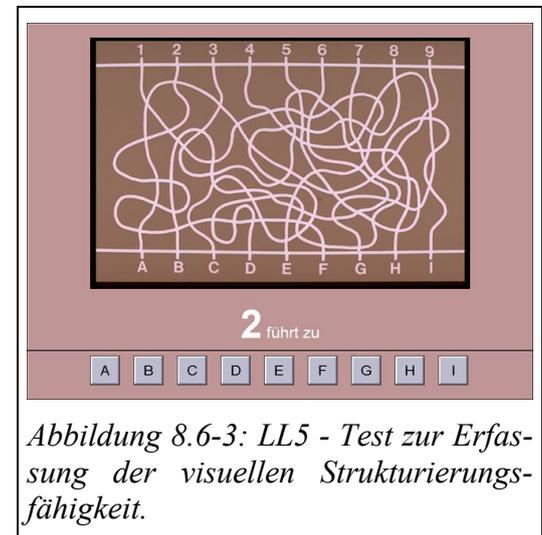


Abbildung 8.6-3: *LL5* - Test zur Erfassung der visuellen Strukturierungsfähigkeit.

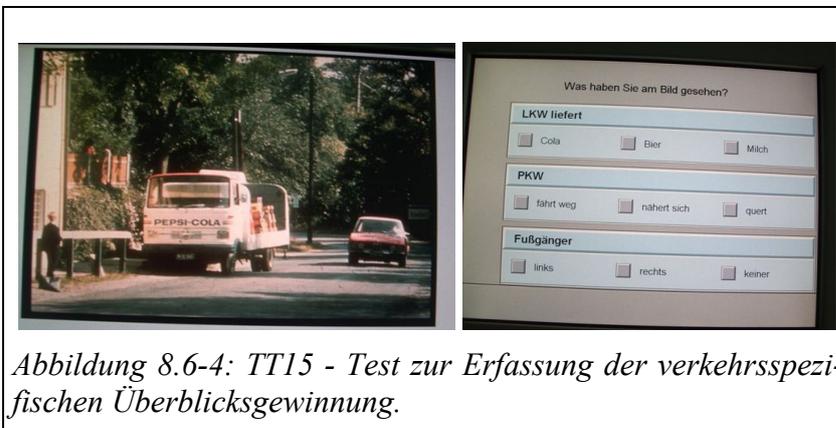


Abbildung 8.6-4: *TT15* - Test zur Erfassung der verkehrsspezifischen Überblicksgewinnung.

Durch den verkehrsspezifischen Tachistoskoptest *TT15* soll „jener Aspekt der visuellen Wahrnehmungsleistung erfasst werden, der das rasche und richtige Erkennen wesentlicher Details einer kurzzeitig sichtbaren Situation beinhaltet und der als verkehrsspezifische Überblicksgewinnung bezeichnet wird“ (Bukasa, Kisser & Wenninger, 1990, S. 153). Hier werden insgesamt 15 Bilder zu

Verkehrssituationen tachistoskopisch (0.75sek) dargeboten. Anschließend sind zu jedem Bild drei Multiple-Choice-Fragen zu beantworten. Der Test dauert insgesamt etwa acht Minuten, erfasst wird die Anzahl richtiger Antworten. (s. Abbildung 8.6-4)

Der *MAT* ist ein Verfahren zur Erfassung der nonverbalen Intelligenz. Insbesondere werden hier Abstraktionsfähigkeit und schlussfolgerndes Denken untersucht, was eine grobe Abschätzung des intellektuellen Leistungsniveaus der Testpersonen erlaubt.

Dargeboten werden 15 Matrizen, bei denen 3x3 optische Muster nach bestimmten logischen Regeln angeordnet sind. In jeder der Matrizen fehlt eine der neun Figuren, die entsprechend der aus den anderen acht Figuren ableitbaren Regel zu bestimmen ist und unter acht vorgegebenen Lösungsmöglichkeiten ausgewählt werden soll. Die Aufgaben sind stets lösbar, dennoch wird zusätzlich immer die Antwortalternative „Ich kann keine Lösung finden“ angeboten. Der *MAT* dauert im Durchschnitt etwa 10 Minuten, maximal aber 15 Minuten. Dann wird der Test, unabhängig davon, wie viele Aufgaben die Testperson bis dahin bearbeitet hat, automatisch abgebrochen. Ausgewertet wird hier wieder die Leistungsquantität (Anzahl bearbeiteter Matrizen, Bearbeitungszeit) und -qualität (Anzahl Richtige, Anzahl Falsche, Anzahl ohne Lösung). (s. Abbildung 8.6-5)

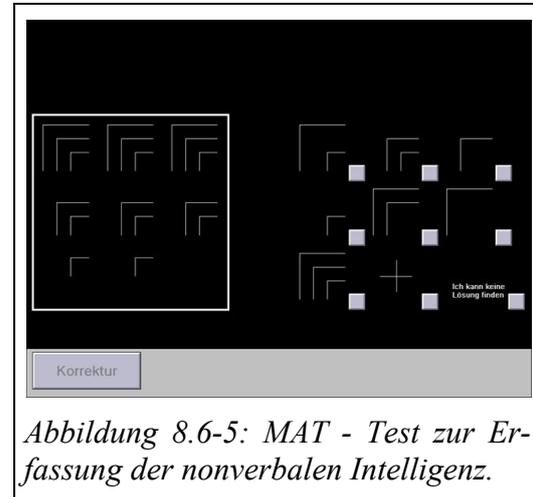


Abbildung 8.6-5: *MAT* - Test zur Erfassung der nonverbalen Intelligenz.



Abbildung 8.6-6: *RST3* - Test zur Erfassung der reaktiven Belastbarkeit.

Der Test zur Erfassung der reaktiven Belastbarkeit *RST3* (s. Abbildung 8.6-6) untersucht das Reaktionsverhalten über acht Minuten bei unterschiedlich hohem Zeitdruck (drei Phasen). Dargeboten werden insgesamt 324 Signale (108 pro Phase), wobei 14 unterschiedliche Signalqualitäten zu unterscheiden sind (fünf Farbsignale je in einer oberen und einer unteren Signalreihe, zwei Lichtsignale, hoher und tiefer Ton). Auf diese Signale ist durch die Betätigung entsprechender Tasten (fünf Farb-Reaktionstasten, zwei Pedale, zwei Ton-Reaktionstasten) zu reagieren. Die Darbietungszeit beträgt in Phase 1 pro Signal 1.58sek, in Phase 2 0.95sek und in Phase 3 1.07sek. Geschwindigkeit

und Genauigkeit werden - getrennt für alle drei Phasen - durch die folgenden Parameter erfasst:

- Anzahl Richtige (Zeitgerechte + Verzögerte),
- Anzahl Auslassungen,
- Einfach- und Mehrfachfehler,
- % Falsche (Einfach- und Mehrfachfehler) an Gesamtreaktionen und
- % Verzögerte an Richtigen.

Der *RST3* gilt von allen Tests als der aussagekräftigste (Bukasa & Piringer, 2001).

Der DR2, als Test zur Erfassung des Entscheidungs- und Reaktionsverhaltens in einem dynamischen Fahrsetting untersucht die Reaktionszeit (unterteilt in Entscheidungs- und Bewegungszeit). Zwar wird die praktische Relevanz dieses Tests - da es sich um einen Einfach-Wahlreaktionstest handelt und beim Autofahren viel komplexere Reaktionsleistungen gefordert werden - von den Autoren selbst hinterfragt (Bukasa et al., 2001), es wird aber angenommen, dass zumindest stark verlangsamte Personen erkannt werden können (Kisser, 1985, zitiert nach Bukasa et al., 2001). Dies war auch der Grund, warum der DR2 in die hier durchgeführte Batterie aufgenommen wurde. So war gerade bei Parkinson-Patienten eine starke Verlangsamung nahe liegend.

Zusätzlich wird durch diesen Test das Konzept der Feldabhängigkeit untersucht. Dieses basiert auf der Abhängigkeit der Informationsverarbeitung von bestimmten Wahrnehmungsstilen (Witkin et al., 1954, zitiert nach Bukasa et al., 2001): „Bei einem feldabhängigen Wahrnehmungsstil übt die Wahrnehmungsumgebung einen starken Einfluss auf die Objektwahrnehmung aus, während bei einer feldunabhängigen Wahrnehmungsweise eine anschauliche Einzelheit aus dem Zusammenhang, in den sie eingegliedert ist, besser ‚herausgesehen‘ werden kann“ (Dorsch, Häcker & Stapf, 1994; Klebelsberg, 1982; beide zitiert nach Bukasa et al., 2001, S.6f). Zahlreiche Studien konnten einen Zusammenhang zwischen Feldabhängigkeit und Fahrverhalten bestätigen (Bukasa et al., 2001), aber auch ein Zusammenhang zwischen Ermüdung und Feldabhängigkeit wurde berichtet (Ward & Fairclough, 1997, zitiert nach Bukasa et al., 2001).

Das Konzept der Feldabhängigkeit findet im DR2 dadurch Eingang, dass zur „Ablenkung“ eine für die eigentliche Reaktionsaufgabe irrelevante Filmsequenz (Fahrt durch Wien aus der Fahrerperspektive) im Hintergrund dargeboten wird. Die für die Reaktionsaufgabe entscheidenden Reize (geometrische Figuren) werden in diese Filmsequenz eingeblendet. Während der gesamten Testdauer von fünf Minuten soll das Gaspedal durchgedrückt werden, nur bei Einblendung eines auf der Spitze stehenden blauen Vierecks (nicht bei einem waagrecht stehenden Viereck oder einem gelben Viereck, egal ob waagrecht oder auf der Spitze stehend) soll so schnell wie möglich vom Gas- auf das Bremspedal gewechselt werden (s. Abbildung 8.6-7). Insgesamt werden 30 Reize dargeboten, ausgewertet werden die mittlere Reaktions- und Entscheidungszeit (und daraus errechenbar die Bewegungszeit) sowie die Anzahl der Richtigen, der Auslasser sowie der Entscheidungs- und Reaktionsfehler.

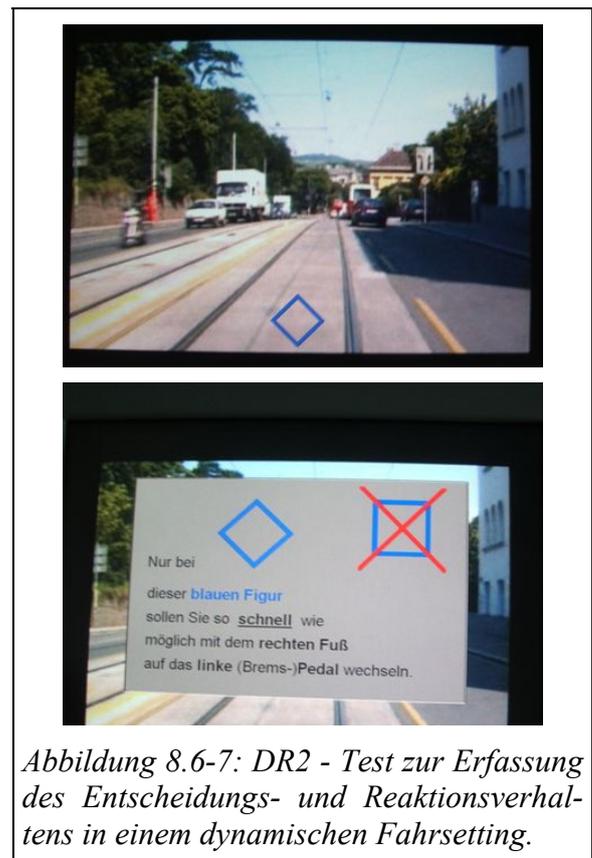


Abbildung 8.6-7: DR2 - Test zur Erfassung des Entscheidungs- und Reaktionsverhaltens in einem dynamischen Fahrsetting.

Die insgesamt 49 Items des *FRF* erfassen drei Bereiche der Risikobereitschaft: die physische, die soziale und die finanzielle.

Mittels des *VIP* werden durch 49 Items die folgenden vier Bereiche untersucht:

- unkritische Selbstwahrnehmung (bezogen auf das eigene Fahrverhalten sowie den eigenen psychischen und physischen Zustand),
- aggressive Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern,
- emotionales Autofahren und
- Orientierung an sozialer Erwünschtheit (Kontrollskala zur Abschätzung der Offenheit/Ehrlichkeit der Selbstbeschreibung bzw. Grad der realistischen Selbstwahrnehmung oder Orientierung an sozialer Erwünschtheit).

Der *VPT.2* erfasst durch 70 Items fahrverhaltensrelevante Persönlichkeitsmerkmale auf den sechs Dimensionen

- Offenheit der Selbstbeschreibung (Kontrollskala),
- soziale Expressivität/ Selbstsicherheit,
- soziale Anpassung,
- emotionale Ansprechbarkeit,
- Selbstkontrolle und
- Selbstreflexion.

### 8.6.3 Auswertung

Um einen Eindruck über die Leistung der hier untersuchten Stichprobe im Vergleich zur Normstichprobe zu gewinnen, wurde zunächst deskriptivstatistisch dargestellt, wie viele Personen pro Subgruppe die Testbatterie und die einzelnen Leistungstests nach den Kriterien der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) bestanden hätten. Dazu wurden alle Testparameter herangezogen, für die vom System ein Prozentrang ausgegeben wird. Ab einem Alter von 50 Jahren wurden - analog der automatisierten Auswertung am ART-2020 - zusätzlich die entsprechenden Altersprozenträge analysiert.

Jeder dieser Parameter wurde dichotomisiert, indem ab einem Prozentrang von 16 die Kategorie „bestanden“, bei einem Prozentrang darunter die Kategorie „durchgefallen“ vergeben wurde. Entsprechend den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) galt ein Test als bestanden, wenn bei allen Parametern ein Prozentrang von mindestens 16 erreicht wurde, die gesamte Testbatterie galt als bestanden, wenn alle Tests bestanden waren.

Ferner wurden die Variablen „Anzahl bestandener Tests“ und „Anzahl bestandener Parameter“ (mit und ohne Altersnormierung) varianzanalytisch auf Unterschiede zwischen ZG und VG sowie auf Einflüsse von Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit geprüft.

Während der Erhebung fiel auf, dass beide Gruppen insbesondere beim RST3 und auch beim DR2 schon in der Instruktionsphase große Schwierigkeiten hatten und sehr häufig das sog. Testleiter-Item erschien („Sie haben noch Schwierigkeiten, bitte wenden Sie sich an den Test-

leiter.“). So wurde die Häufigkeit des Auftretens dieses Items ebenfalls mittels Varianzanalysen auf Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen getestet.<sup>84</sup>

Um herauszufinden, ob bei den Parkinson-Patienten spezifische Schwierigkeiten vorlagen, wurden anschließend alle den Prozenträgen zugehörigen Rohwerte nach dem allgemeinen Auswertungskonzept analysiert (i.d.R. varianzanalytisch, ggf. nonparametrisch).

Schließlich wurde getrennt für beide Gruppen eine Faktorenanalyse gerechnet, um zu prüfen, ob sich die erhobenen Parameter aus den Leistungstests auf eine geringere Anzahl zugrunde liegender Faktoren reduzieren ließen und ob diese faktorielle Struktur für ZG und VG identisch war.

Im Hinblick auf die Persönlichkeitstests erfolgte lediglich eine varianzanalytische Testung der Rohwerte nach dem allgemeinen Auswertungsprinzip. Vergleiche mit der Normstichprobe wurden zwar durchgeführt, führten aber nicht zu bedeutsamen Befunden, so dass auf deren Darstellung verzichtet wurde.

Abbildung 8.6-8 fasst die Auswertungen, die zu den am ART-2020 erhobenen Daten durchgeführt wurden, in einer Übersicht zusammen.

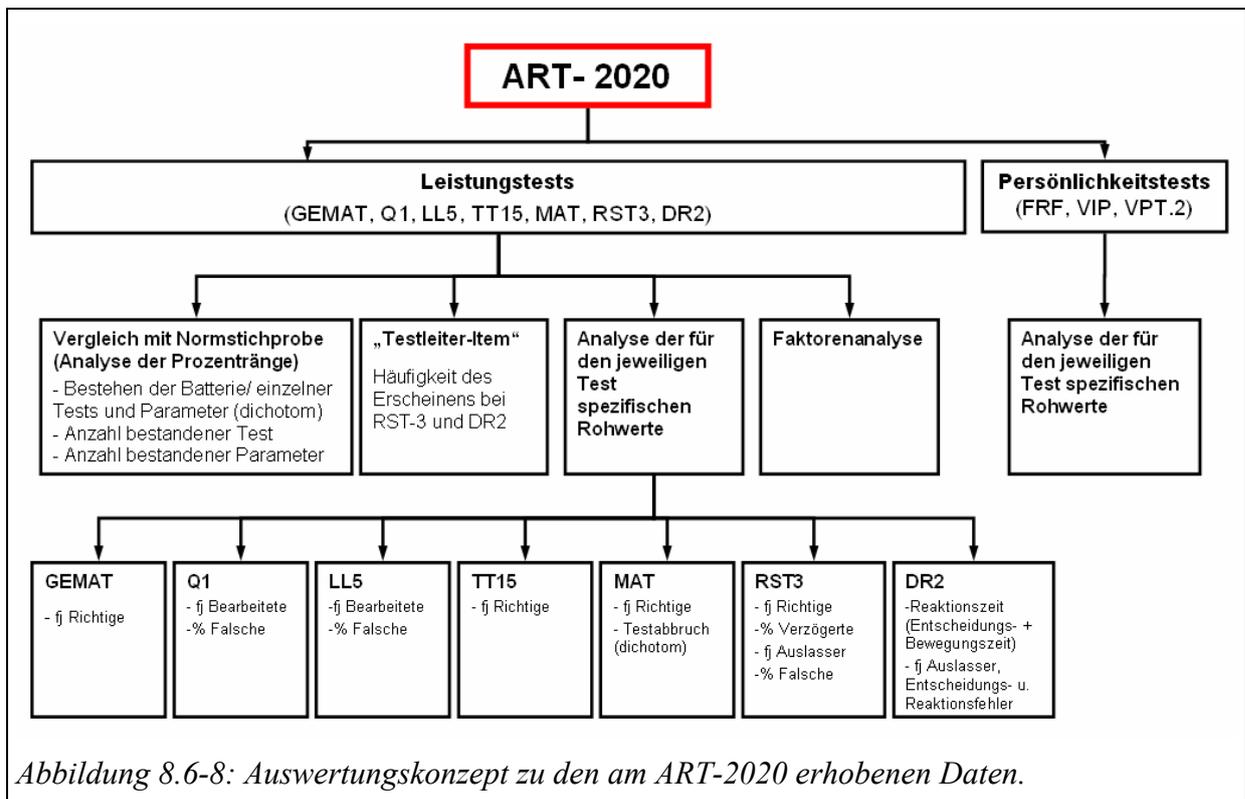


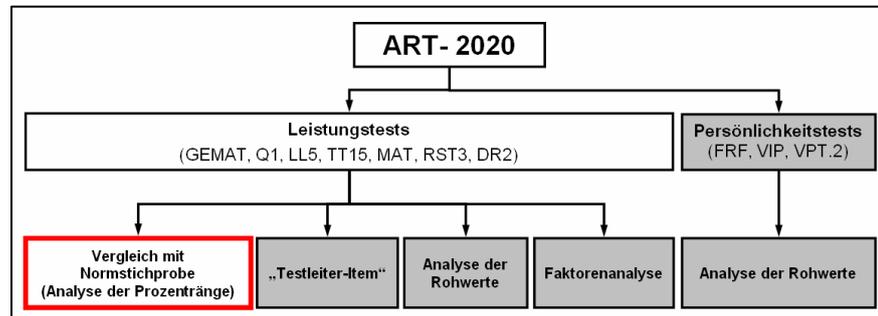
Abbildung 8.6-8: Auswertungskonzept zu den am ART-2020 erhobenen Daten.

<sup>84</sup> Bei den übrigen Leistungstests erschien das Testleiter-Item so selten, dass auf eine entsprechende Auswertung verzichtet wurde.

## 8.6.4 Ergebnisse aus den Leistungstests

### 8.6.4.1 Vergleich mit der Normstichprobe

Die Durchfallquoten sind in Tabelle 8.6-1 pro Testparameter, Test und für die gesamte Testbatterie dargestellt. Ersichtlich wird, dass diese sowohl in der ZG als auch in der VG enorm hoch ausfielen.



So hätten insgesamt nur eine Patientin und zwei gesunde Testfahrer diese Testbatterie nach den Kriterien der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) bestanden, wobei es sich bei diesen Testfahrern um besonders junge Personen handelte (32, 33 und 42 Jahre). Aber selbst wenn man die Durchfallquoten auf der Basis der Altersprozenträge berechnete, hätten nur 21% der ZG und auch nur 29% der VG alle Leistungstests bestanden.

Bei der ZG gingen die erhöhten Durchfallquoten v.a. auf Beeinträchtigungen in der Reaktionsfähigkeit (RST3, DR2) zurück, bei der VG war auch relativ häufig die Fehlerrate im LL5 kritisch.

Bezogen auf die gesamte Normstichprobe erfüllte die ZG im Mittel bei 3.6 (SD=2.1) der sieben Tests nicht das geforderte Kriterium, in der VG galt dies für durchschnittlich 3.0 Tests (SD=1.4). Wurden für die Testfahrer ab 50 Jahren die entsprechenden Altersprozenträge herangezogen, lag die mittlere Anzahl nicht bestandener Tests in der ZG bei 2.3 (SD=2.0), in der VG bei 1.5 Tests (SD=1.2). Die Varianzanalysen über die Anzahl nicht bestandener Tests (mit und ohne Berücksichtigung der Altersnormierung) konnten diesen Unterschied allerdings nicht inferenzstatistisch absichern. Nur deskriptiv bestanden die Patienten in den Hoehn & Yahr-Stadien 2 und 3 weniger Tests als ihre VG (s. Abbildung 8.6-9 und Tabelle 8.6-2). In Anbetracht der sehr hohen Durchfallquoten ist hier von einem Deckeneffekt auszugehen, die Batterie war vermutlich insgesamt zu schwer, um innerhalb dieses Klientels älterer Fahrer hinreichend differenzieren zu können.

Bei den Varianzanalysen zur Anzahl nicht bestandener Parameter (von insgesamt 24) resultierte allerdings ein signifikanter Haupteffekt *PD* ( $p=.032$  bzw. bei Berücksichtigung der Altersprozenträge:  $p=.029$ ), demzufolge die ZG bei durchschnittlich 8.9 Parametern (SD=6.4; bzw. bei Berücksichtigung der Altersprozenträge:  $M=4.5$ ,  $SD=4.8$ ) und damit häufiger unter dem Grenzwert von Prozentrang (PR) 16 lag als die VG ( $M=5.8$ ,  $SD=4.0$  bzw. bei Berücksichtigung der Altersprozenträge  $M=2.3$ ,  $SD=2.7$ ). Dies ist wohl dadurch zu erklären, dass gerade bei den Tests zur Reaktionsfähigkeit, in denen die Patienten schlechter abschnitten, mehrere Parameter eingingen. Eine Abhängigkeit von Krankheitsschwere oder Tagesmüdigkeit ließ sich inferenzstatistisch nicht nachweisen. (s. dazu ebenfalls Abbildung 8.6-9 und Tabelle 8.6-2)

Tabelle 8.6-1: „Durchfallquoten“ zur Leistungstestbatterie am ART-2020. Dargestellt sind die absolute Anzahl von und der Anteil an Personen in ZG und VG, die den jeweiligen Testparameter, Test oder die gesamte Batterie nach den Kriterien der Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) nicht bestanden hätten.

| Test                 | Parameter           | Vgl. mit Normstichprobe |              |        |              |                             |              |    |              |
|----------------------|---------------------|-------------------------|--------------|--------|--------------|-----------------------------|--------------|----|--------------|
|                      |                     | ZG                      |              | VG     |              | Vgl. mit Normstichprobe 50+ |              |    |              |
|                      |                     | Anzahl                  | %            | Anzahl | %            | Anzahl                      | %            |    |              |
| <b>GEMAT3</b>        | <b>Richtige</b>     | 8                       | 33.33        | 9      | 37.50        | 6                           | 25.00        | 3  | 12.50        |
| Q1                   | % Falsche           | 6                       | 25.00        | 5      | 20.83        | 3                           | 12.50        | 5  | 20.83        |
| Q1                   | Bearbeitete         | 11                      | 45.83        | 4      | 16.67        | 3                           | 12.50        | 2  | 8.33         |
| Q1                   | insgesamt           | 12                      | 50.00        | 9      | 37.50        | 6                           | 25.00        | 7  | 29.17        |
| LL5                  | % Falsche           | 11                      | 45.83        | 14     | <b>58.33</b> | 6                           | 25.00        | 7  | <b>29.17</b> |
| LL5                  | Bearbeitete         | 6                       | 25.00        | 3      | 12.50        | 2                           | 8.33         | 0  | 0.00         |
| LL5                  | insgesamt           | 13                      | 54.17        | 14     | 58.33        | 7                           | 29.17        | 7  | 29.17        |
| TT15                 | Richtige            | 8                       | 33.33        | 4      | 16.67        | 3                           | 12.50        | 1  | 4.17         |
| MAT                  | Richtige            | 6                       | 25.00        | 3      | 12.50        | 3                           | 12.50        | 1  | 4.17         |
| RST3 - Phase 1       | % Falsche           | 6                       | 25.00        | 3      | 12.50        | 2                           | 8.33         | 0  | 0.00         |
| RST3 - Phase 1       | % Verzögerte        | 14                      | <b>58.33</b> | 9      | 37.50        | 4                           | 16.67        | 1  | 4.17         |
| RST3 - Phase 1       | Auslassungen        | 7                       | 29.17        | 2      | 8.33         | 2                           | 8.33         | 1  | 4.17         |
| RST3 - Phase 1       | Richtige            | 7                       | 29.17        | 3      | 12.50        | 3                           | 12.50        | 1  | 4.17         |
| RST3 - Phase 2       | % Falsche           | 2                       | 8.33         | 2      | 8.33         | 0                           | 0.00         | 0  | 0.00         |
| RST3 - Phase 2       | % Verzögerte        | 18                      | <b>75.00</b> | 11     | <b>45.83</b> | 8                           | 33.33        | 4  | 16.67        |
| RST3 - Phase 2       | Auslassungen        | 12                      | 50.00        | 9      | 37.50        | 7                           | 29.17        | 4  | 16.67        |
| RST3 - Phase 2       | Richtige            | 12                      | 50.00        | 8      | 33.33        | 6                           | 25.00        | 4  | 16.67        |
| RST3 - Phase 3       | % Falsche           | 4                       | 16.67        | 4      | 16.67        | 2                           | 8.33         | 2  | 8.33         |
| RST3 - Phase 3       | % Verzögerte        | 17                      | <b>70.83</b> | 9      | 37.50        | 10                          | <b>41.67</b> | 4  | 16.67        |
| RST3 - Phase 3       | Auslassungen        | 12                      | 50.00        | 7      | 29.17        | 6                           | 25.00        | 1  | 4.17         |
| RST3 - Phase 3       | Richtige            | 12                      | 50.00        | 9      | 37.50        | 6                           | 25.00        | 1  | 4.17         |
| RST3 - Phase 1       | insgesamt           | 14                      | 58.33        | 10     | 41.67        | 5                           | 20.83        | 1  | 4.17         |
| RST3 - Phase 2       | insgesamt           | 19                      | 79.17        | 16     | 66.67        | 11                          | 45.83        | 7  | 29.17        |
| RST3 - Phase 3       | insgesamt           | 18                      | 75.00        | 12     | 50.00        | 12                          | 50.00        | 5  | 20.83        |
| RST3                 | insgesamt           | 21                      | 87.50        | 20     | 83.33        | 14                          | 58.33        | 9  | 37.50        |
| DR2                  | Auslassungen        | 1                       | 4.17         | 0      | 0.00         | 1                           | 4.17         | 0  | 0.00         |
| DR2                  | Entscheidungsfehler | 5                       | 20.83        | 2      | 8.33         | 5                           | 20.83        | 2  | 8.33         |
| DR2                  | Entscheidungszeit   | 12                      | 50.00        | 8      | 33.33        | 8                           | 33.33        | 5  | 20.83        |
| DR2                  | Reaktionszeit       | 13                      | 54.17        | 9      | 37.50        | 11                          | <b>45.83</b> | 7  | <b>29.17</b> |
| DR2                  | Reaktionsfehler     | 3                       | 12.50        | 1      | 4.17         | 1                           | 4.17         | 0  | 0.00         |
| DR2                  | insgesamt           | 18                      | 75.00        | 13     | 54.17        | 15                          | 62.50        | 9  | 37.50        |
| gesamte Testbatterie |                     | 23                      | 95.83        | 22     | 91.67        | 19                          | 79.17        | 17 | 70.83        |

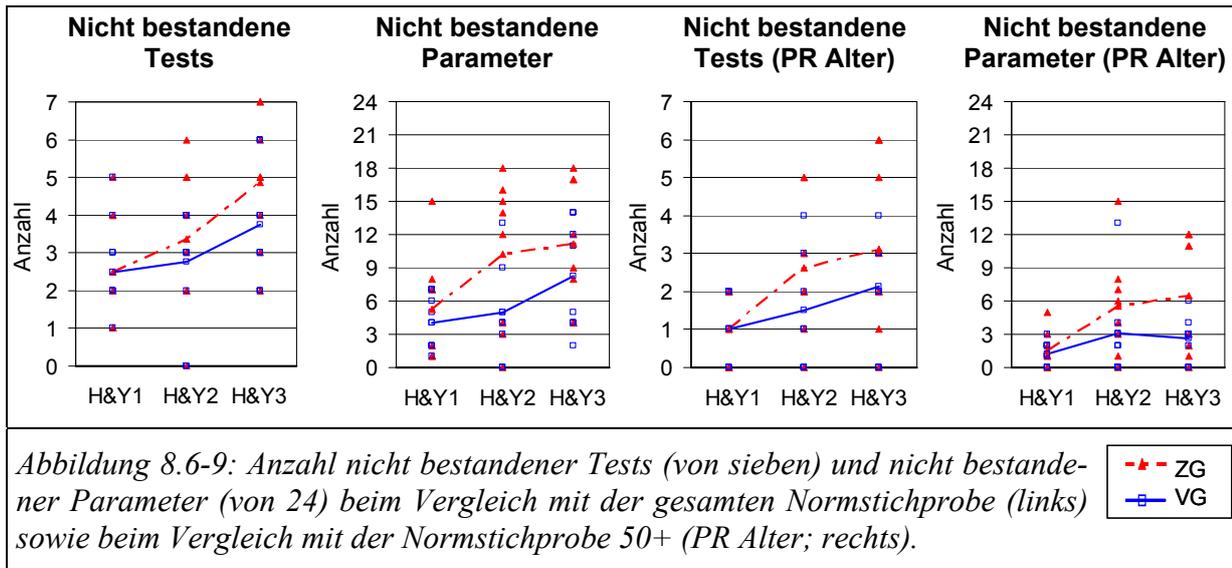
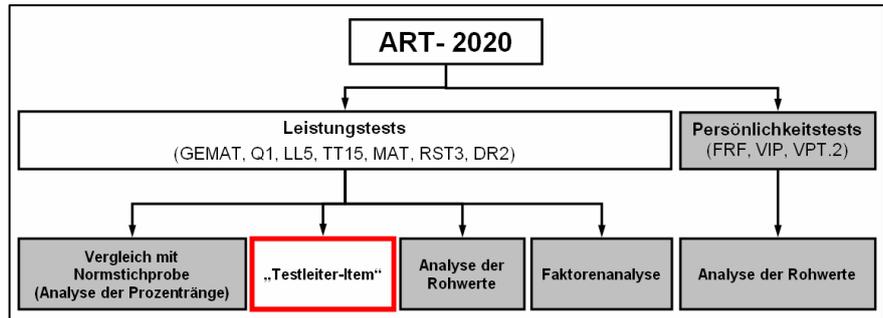


Tabelle 8.6-2: Varianzanalysen zur Anzahl nicht bestandener Tests und Parameter.

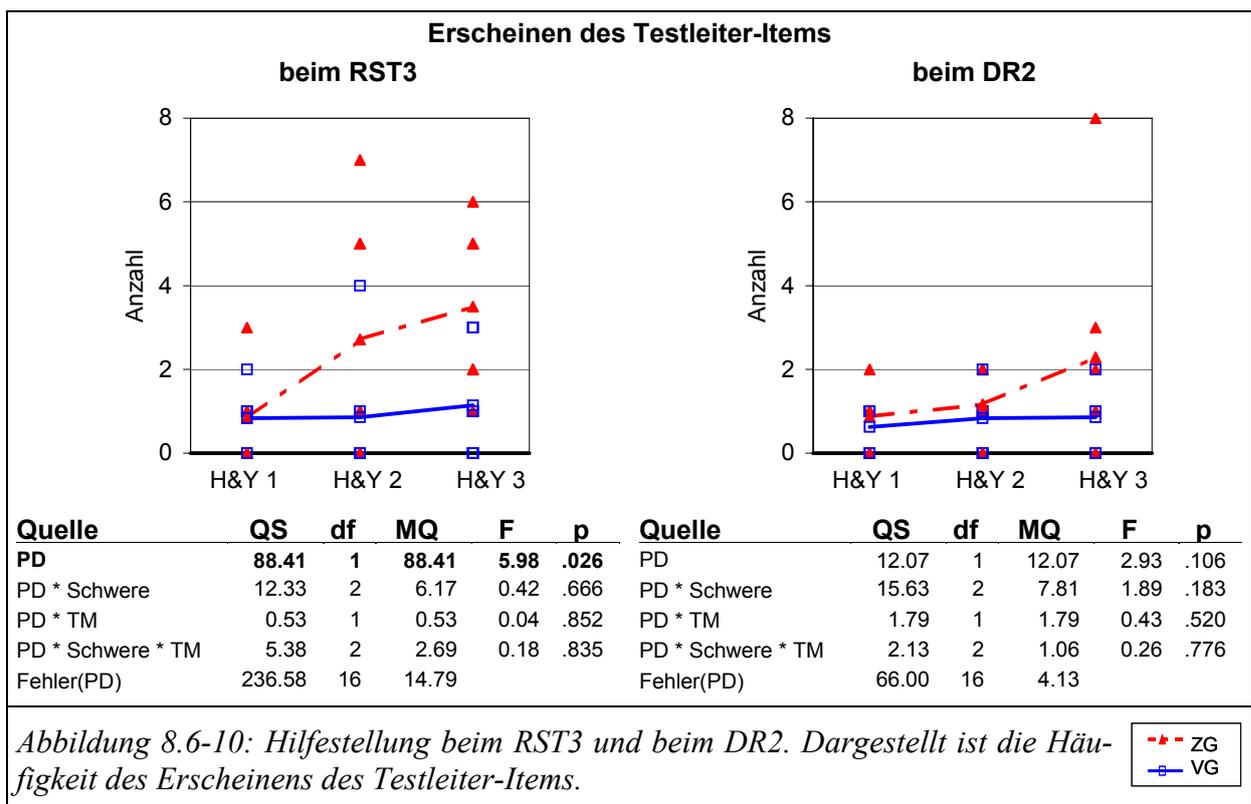
| Quelle                   | Variable                    | QS            | df       | MQ            | F           | p           |
|--------------------------|-----------------------------|---------------|----------|---------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | Tests PR                    | 4.08          | 1        | 4.08          | 1.26        | .277        |
|                          | Tests PR (Alter)            | 6.02          | 1        | 6.02          | 2.39        | .140        |
|                          | <b>Parameter PR</b>         | <b>117.19</b> | <b>1</b> | <b>117.19</b> | <b>5.43</b> | <b>.032</b> |
|                          | <b>Parameter PR (Alter)</b> | <b>56.33</b>  | <b>1</b> | <b>56.33</b>  | <b>5.65</b> | <b>.029</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | Tests PR                    | 2.54          | 2        | 1.27          | 0.39        | .682        |
|                          | Tests PR (Alter)            | 3.04          | 2        | 1.52          | 0.60        | .558        |
|                          | Parameter PR                | 32.38         | 2        | 16.19         | 0.75        | .486        |
|                          | Parameter PR (Alter)        | 26.54         | 2        | 13.27         | 1.33        | .289        |
| <b>PD * TM</b>           | Tests PR                    | 6.75          | 1        | 6.75          | 2.08        | .167        |
|                          | Tests PR (Alter)            | 6.02          | 1        | 6.02          | 2.39        | .140        |
|                          | Parameter PR                | 46.02         | 1        | 46.02         | 2.13        | .161        |
|                          | Parameter PR (Alter)        | 12.00         | 1        | 12.00         | 1.20        | .287        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | Tests PR                    | 0.13          | 2        | 0.06          | 0.02        | .981        |
|                          | Tests PR (Alter)            | 2.04          | 2        | 1.02          | 0.40        | .673        |
|                          | Parameter PR                | 1.79          | 2        | 0.90          | 0.04        | .959        |
|                          | Parameter PR (Alter)        | 2.63          | 2        | 1.31          | 0.13        | .878        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | Tests PR                    | 58.50         | 18       | 3.25          |             |             |
|                          | Tests PR (Alter)            | 45.38         | 18       | 2.52          |             |             |
|                          | Parameter PR                | 388.13        | 18       | 21.56         |             |             |
|                          | Parameter PR (Alter)        | 179.50        | 18       | 9.97          |             |             |

8.6.4.2 Erscheinen des Testleiter-Items

Passend zu den hohen Durchfallquoten erschien beim RST3, aber auch beim DR2 bis zu sieben bzw. acht Mal das Testleiter-Item, was zeigt, dass sehr viel zusätzliche Hilfestellung durch den Versuchsleiter und eine (mehrfache) Wiederholung der Übungsdurchgänge notwendig waren, bis die eigentlichen Tests gestartet werden konnten.

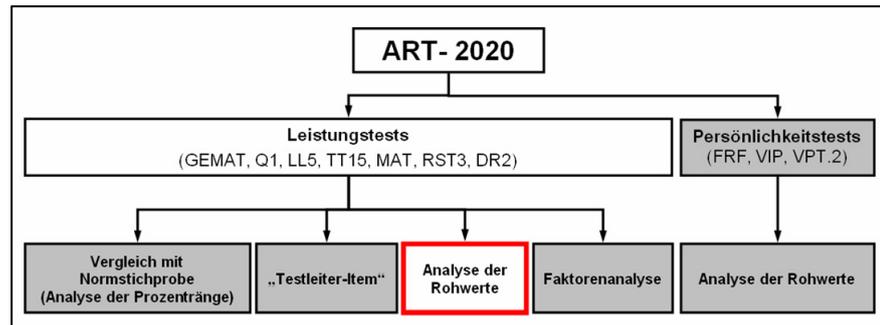


Die Varianzanalyse, die nach dem allgemeinen Auswertungskonzept zur Häufigkeit des Erscheinens des Testleiter-Items durchgeführt wurde, bestätigte, dass die Patienten beim RST3 besonders große Schwierigkeiten hatten (wobei dies zumindest deskriptiv auch mit dem Schweregrad der Parkinson-Erkrankung assoziiert war). Beim DR2 verfehlte der Haupteffekt PD knapp eine Tendenz, deskriptiv hatten hier v.a. Patienten im Stadium 3 Schwierigkeiten (s. Abbildung 8.6-10).



8.6.4.3 Analyse der Rohwerte

Im Folgenden wurden die Parameter aller Leistungstests nach dem allgemeinen Auswertungsprinzip auf differenzierende Merkmale zwischen den Versuchsgruppen analysiert.<sup>85</sup>



8.6.4.3.1 GEMAT3

Beim Test zur Erfassung der optischen Merkfähigkeit (GEMAT3) wurde die Anzahl der richtigen Lösungen ausgewertet. Die entsprechende Varianzanalyse lieferte jedoch keinerlei Signifikanzen. Die ZG erinnerte im Mittel 16.8 von 24 Symbolen richtig (SD=4.2), die VG 17.3 (SD=2.5). Auffällig war jedoch, dass sich extreme Ausreißer bzw. Personen, die weniger als ein Drittel der Symbole richtig wiedererkannten, nur in der ZG fanden. (s. auch Abbildung 8.5-2)

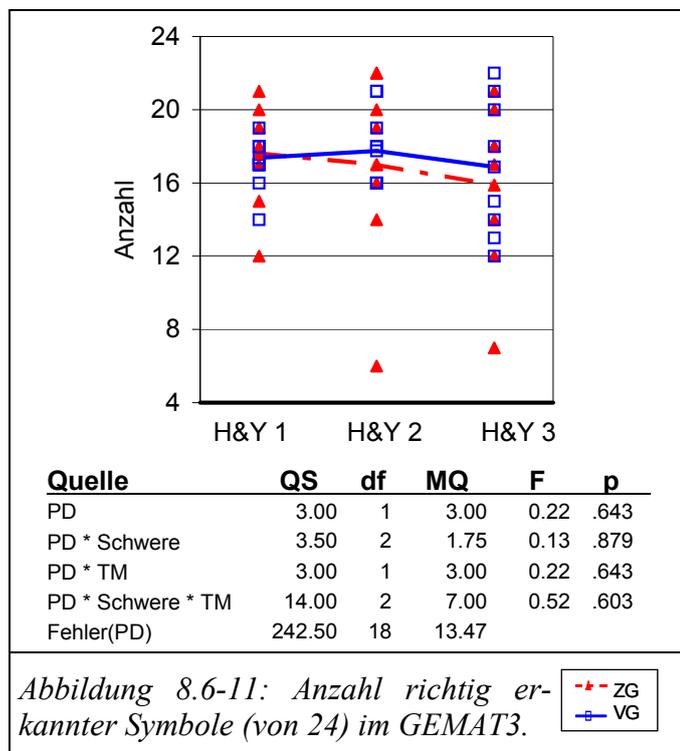


Abbildung 8.6-11: Anzahl richtig erkannter Symbole (von 24) im GEMAT3. (Legend: ZG - red triangles, VG - blue squares)

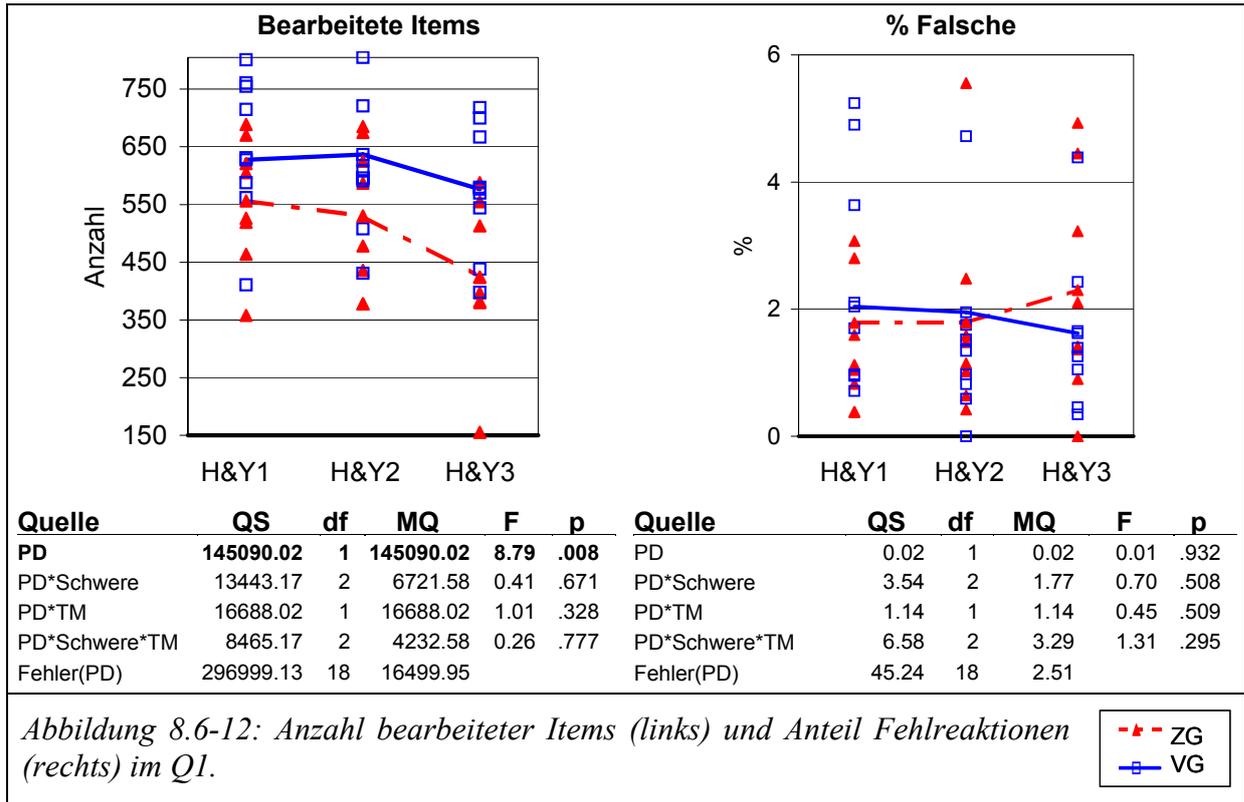
8.6.4.3.2 Q1

Die zum Q1 (Test zur Aufmerksamkeitsleistung unter Monotonie) analysierten Parameter waren die Anzahl der insgesamt bearbeiteten Items und der Prozentsatz falscher Reaktionen gemessen an der Anzahl bearbeiteter Items.

Die entsprechenden Varianzanalysen zeigten (s. Abbildung 8.6-12), dass die ZG - unabhängig von Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit - mit durchschnittlich 503.1 (SD=138.8) signifikant weniger Items bearbeitete als die VG, die im Mittel auf 613.6 (SD=117.9) Vergleichsreize reagierte (Haupteffekt PD: p=.008). Dabei unterschieden sich ZG und VG aber nicht in ihrer Fehlerrate (Haupteffekt PD: p=.932; ZG: M=1.8%, SD=1.5% vs. VG: M=1.9%, SD=1.5%).<sup>86</sup>

<sup>85</sup> Da der Befund, dass die ZG bei weniger Parametern das Mindestkriterium von einem PR > 15 erreicht hatte, bereits inferenzstatistisch abgesichert worden war, konnten die verschiedenen Parameter nun einzeln betrachtet werden, ohne eine Alpha-Adjustierung vorzunehmen (geschlossene Testprozedur).

<sup>86</sup> Die Variable % Falsche wurde zusätzlich nach einer Logit-Transformation varianzanalytisch untersucht. Dabei resultierten die gleichen Befunde wie bei der Analyse der ursprünglichen Werte.



8.6.4.3.3 LL5

Die ausgewerteten Parameter beim LL5 (Test zur Erfassung der visuellen Strukturierungsfähigkeit) waren die Anzahl insgesamt bearbeiteter Linien und der daran gemessene Anteil falscher Antworten. Die entsprechenden Varianzanalysen nach dem allgemeinen Auswertungsprinzip lieferten - wie auch beim Q1 - einen signifikanten Haupteffekt PD für die Anzahl bearbeiteter Linien (p=.020): Die ZG bearbeitete im Mittel etwa vier Linien weniger als die VG (ZG: M=24.25, SD=5.40 vs. VG: M=27.96, SD=4.42; s. Abbildung 8.6-13).

Deskriptiv (Haupteffekt PD: p=.208) war die Fehlerrate in der VG mit durchschnittlich 16.9% (SD=10.4%) sogar höher als in der ZG, die im Mittel 10.6% (SD=20.2%) der bearbeiteten Linien falsch zuordnete. Inferenzstatistisch ergab sich eine signifikante Interaktion PD x Tagesmüdigkeit (p=.032), die entsprechend nachgeschobener Post-Hoc-Tests darauf zurückging, dass die Patienten mit Tagesmüdigkeit signifikant seltener falsch antworteten, während die Patienten ohne Tagesmüdigkeit deskriptiv mehr Fehler machten als ihre jeweilige VG (t-Tests für abhängige Stichproben: mit Tagesmüdigkeit: t=-2.33, p=.040 vs. ohne Tagesmüdigkeit: t=0.90, p=.386). Allerdings war dieser Effekt eher auf eine Variation in der VG als in der ZG zurückzuführen, so dass er von untergeordneter Bedeutung erscheint (s. dazu Abbildung 8.6-13). Die Krankheitsschwere hatte keinen statistisch bedeutsamen Einfluss.<sup>87</sup>

<sup>87</sup> Eine entsprechende varianzanalytische Prüfung des Anteils falscher Antworten nach einer Logit-Transformation führte zu den gleichen Befunden.

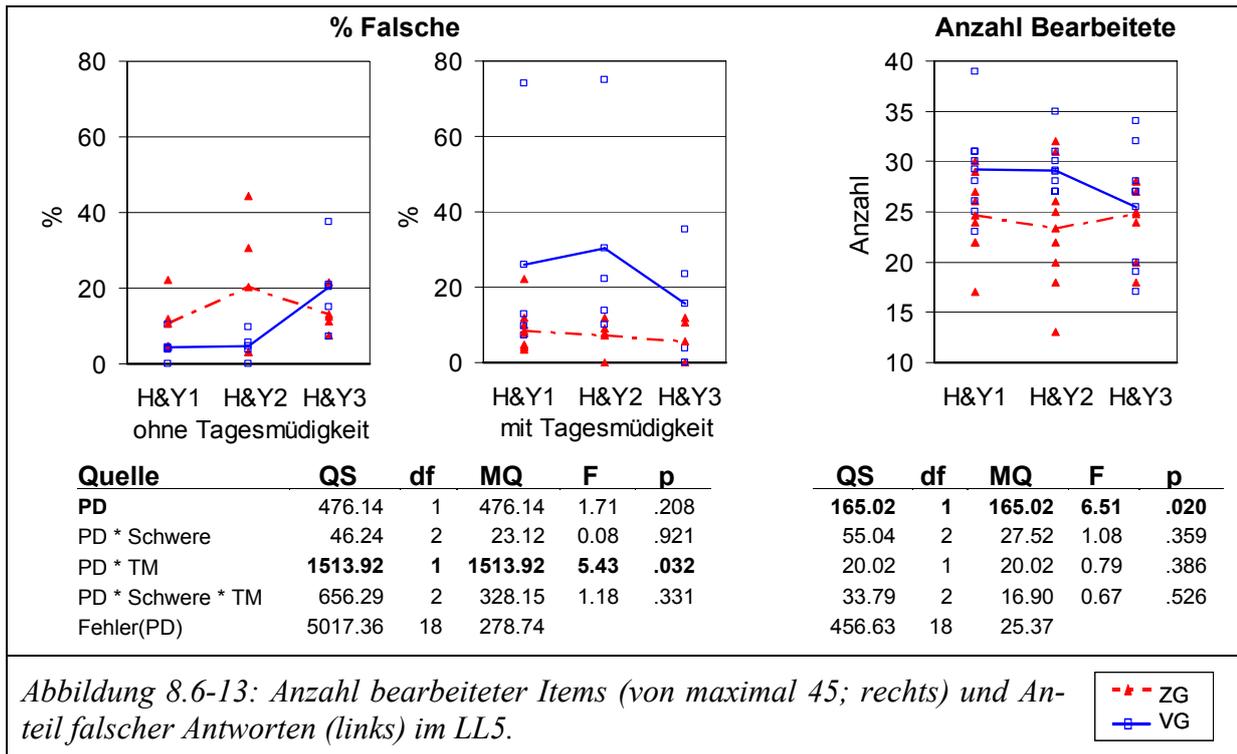


Abbildung 8.6-13: Anzahl bearbeiteter Items (von maximal 45; rechts) und Anteil falscher Antworten (links) im LL5.

8.6.4.3.4 TT15

Beim Test zur Erfassung der verkehrsspezifischen Überblicksgewinnung (TT15) wurde die Anzahl richtiger Lösungen varianzanalytisch ausgewertet.

Die Analyse ergab einen tendenziellen Haupteffekt PD (p=.085): Die ZG konnte im Mittel zwei Fragen weniger richtig beantworten als die VG (ZG: M=30.5, SD=4.8 vs. VG: M=32.6, SD=4.1). Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit hatten dabei keinen bedeutsamen Einfluss (s. auch Abbildung 8.6-14).

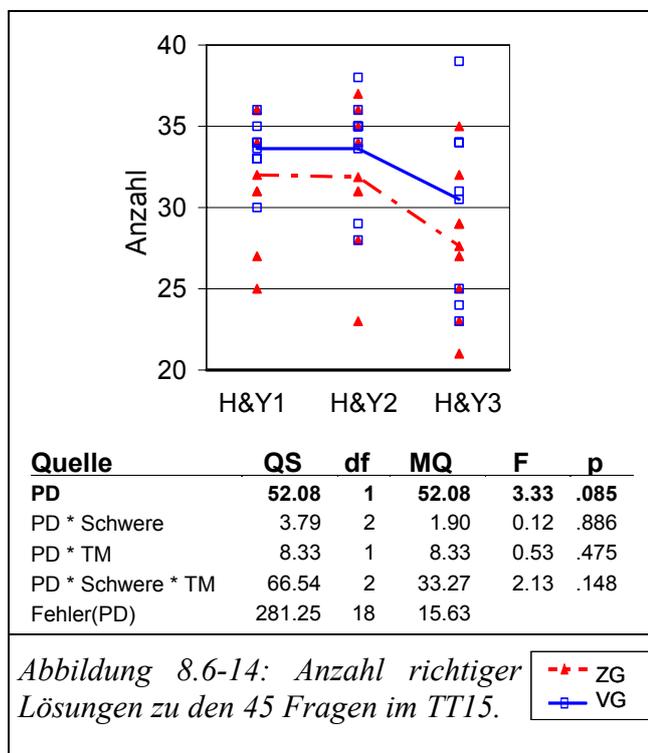


Abbildung 8.6-14: Anzahl richtiger Lösungen zu den 45 Fragen im TT15.

8.6.4.3.5 MAT

Beim MAT, dem Test zur Erfassung der nonverbalen Intelligenz, wurde zunächst die Anzahl richtiger Lösungen betrachtet.

Die entsprechende Varianzanalyse lieferte jedoch keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen. Sowohl die ZG als auch die VG konnte im Mittel sieben Matrizen richtig lösen (ZG:  $M=7.3$ ,  $SD=3.8$  vs. VG:  $M=7.4$ ,  $SD=3.2$ ). Lediglich deskriptiv fielen die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 3 durch eine sehr geringe Anzahl richtiger Lösungen auf ( $M=4.9$ ,  $SD=3.3$ ; Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.183$ ; s. auch Abbildung 8.6-15).

Zusätzlich wurde hier geprüft, wie oft der Test vom System nach Ablauf der 15 Minuten abgebrochen wurde, obwohl noch nicht alle 15 Items bearbeitet worden waren. Ob dies in bestimmten Versuchsgruppen gehäuft vorkam, wurde - entsprechend dem allgemeinen Auswertungsprinzip - durch Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln bei sukzessiver Schichtung nach den Gruppierungsmerkmalen *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit* untersucht. Hier verfehlte der Effekt, dass der Test in der ZG gehäuft abgebrochen wurde, knapp das Niveau einer Tendenz ( $p=.109$ , s. auch Tabelle 8.6-3). Bemerkenswert ist aber, dass dies in der VG gar nicht vorkam. Bei einer Schichtung nach *Krankheitsschwere* und *Tagesmüdigkeit* resultierten - vermutlich bedingt durch zu geringe Zellbesetzungen - keine Signifikanzen. Auffällig war aber, dass ein vorzeitiger Abbruch im Hoehn & Yahr-Stadium 1 - wie auch in der VG - gar nicht auftrat, in den Stadien 2 und 3 dagegen je zweimal.

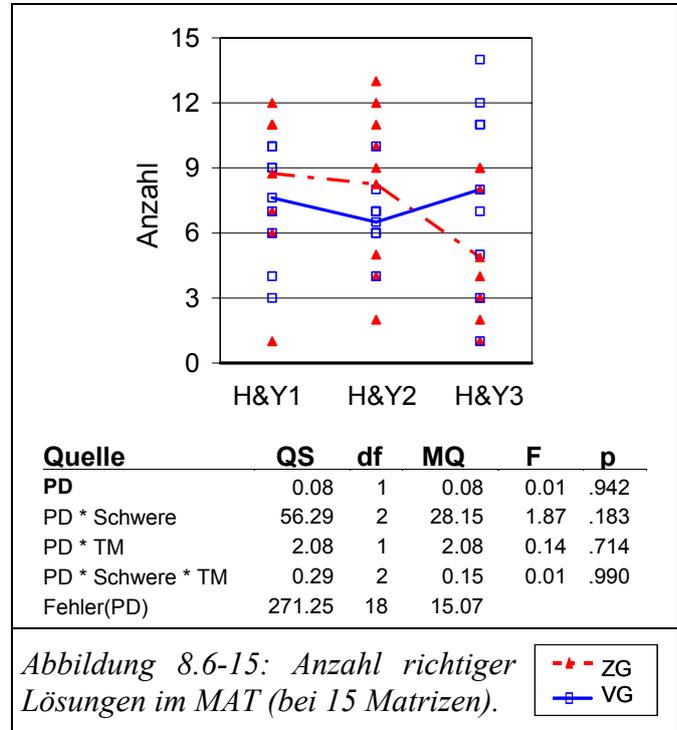


Abbildung 8.6-15: Anzahl richtiger Lösungen im MAT (bei 15 Matrizen).



Tabelle 8.6-3: Abbruchkriterium im MAT bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Abbruch durch System nach 15min |      |        |
|--------|--------------------------|---------------------------------|------|--------|
|        |                          | nein                            | ja   | gesamt |
| ZG     | Anzahl                   | 20                              | 4    | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 22.0                            | 2.0  | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 83.3                            | 16.7 | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -.4                             | 1.4  |        |
| VG     | Anzahl                   | 24                              | 0    | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 22.0                            | 2.0  | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 100.0                           | 0.   | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | .4                              | -1.4 |        |
| gesamt | Anzahl                   | 44                              | 4    | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 44.0                            | 4.0  | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 91.7                            | 8.3  | 100.0  |

$\chi^2(1)=4.36$ ,  $p(\text{exakt})=.109$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

#### 8.6.4.3.6 RST3

Die nach dem allgemeinen Auswertungskonzept analysierten Parameter im RST3 (Test zur reaktiven Belastbarkeit) waren

- die Anzahl richtig beantworteter Reize,
- der Anteil verzögerter Reaktionen an den Richtigen,
- die Anzahl von Auslassern sowie
- der Anteil falscher Reaktionen an den Gesamtreaktionen.

Diese Parameter wurden zunächst (i.S. einer geschlossenen Testprozedur) je als Summe bzw. Mittelwert über die drei Phasen und anschließend getrennt für alle drei Phasen auf differenzierende Merkmale zwischen den Gruppen geprüft. Um die Veränderungen zwischen den Phasen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit zu erfassen, wurden die Befunde zu den einzelnen Phasen einander vergleichend gegenübergestellt.<sup>88</sup>

Die in Abbildung 8.6-16 dargestellten Befunde lassen sich wie folgt zusammenfassen (die Ergebnistafeln der zugehörigen Varianzanalysen finden sich in den Tabellen 48 bis 51 in Anhang 1.3.4):

- Insgesamt reagierte die ZG im RST3 tendenziell auf weniger (der insgesamt 324) Reize - richtig als die VG (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.091$ ; ZG:  $M=263.4$ ,  $SD=44.2$  vs. VG:  $M=283.1$ ,  $SD=34.5$ ). Dies ging allerdings nicht auf einen erhöhten Fehleranteil (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.961$ ; ZG:  $M=4.81\%$ ,  $SD=3.38\%$  vs. VG:  $M=4.78\%$ ,  $SD=3.22\%$ ), sondern auf eine erhöhte Anzahl von Auslassern zurück (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.070$ ; ZG:  $M=54.1$ ,  $SD=40.7$  vs. VG:  $M=34.8$ ,  $SD=30.7$ ). Für eine Verlangsamung sprach aber v.a. auch der hochsignifikant erhöhte Anteil von verzögerten an den richtigen Reaktionen (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.003$ ; ZG:  $M=47.8\%$ ,  $SD=18.8\%$  vs. VG:  $M=33.9\%$ ,

<sup>88</sup> Auf eine direkte inferenzstatistische Prüfung der Phasen als abhängiger Faktor wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

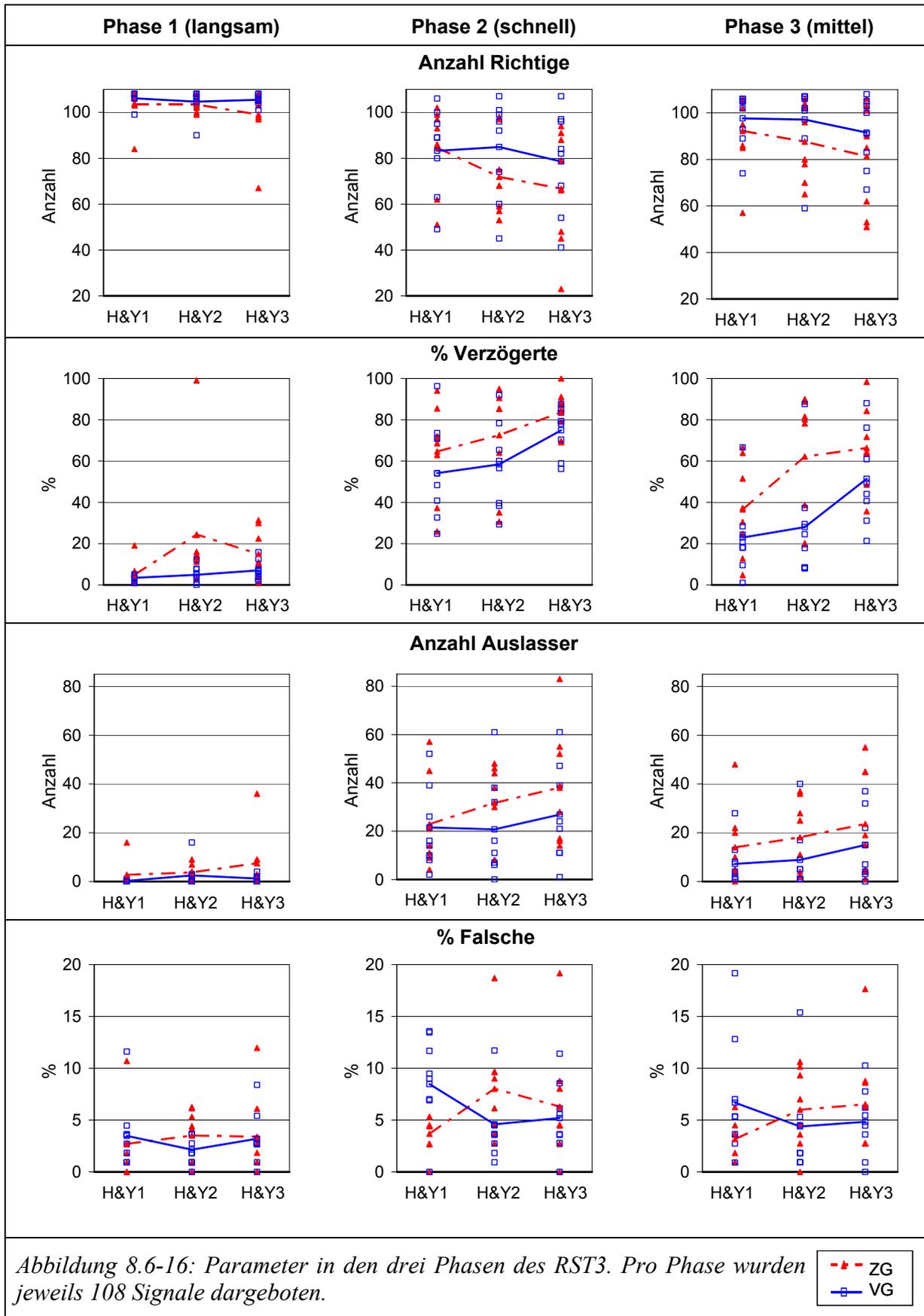
SD=15.0%). Hinsichtlich des Anteils falscher Reaktionen ergaben sich eine signifikante Interaktion mit der Krankheitsschwere ( $p=.017$ ) sowie eine hochsignifikante 3-fach Wechselwirkung  $PD \times Schwere \times Tagesmüdigkeit$  ( $p=.008$ ). Diese erwiesen sich jedoch als äußerst komplex und waren zudem auch durch starke, nicht erklärbare Variationen in der VG bedingt, so dass sie hier nicht interpretiert werden sollen.

- Bei einer getrennten Betrachtung der drei Phasen zeigte sich, dass die Verlangsamung der ZG in den einfacheren Phasen des RST3 deutlicher war. So beantworteten sie in der schnellen Phase nur deskriptiv weniger Signale richtig (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.188$ ) und ließen auch nur deskriptiv häufiger Signale aus (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.167$ ). In den Phasen 1 (Haupteffekt  $PD$ : Richtige  $p=.085$ , Auslasser  $p=.066$ ) und 3 (Haupteffekt  $PD$ : Richtige  $p=.084$ , Auslasser  $p=.062$ ) erreichten diese Unterschiede zumindest das Niveau einer Tendenz.
- Passend hierzu war der Anteil an verzögerten Reaktionen bei der ZG in der langsamen Phase signifikant (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.028$ ), in der schnellen Phase nur tendenziell (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.065$ ) und in der mittelschnellen Phase sogar hochsignifikant (Haupteffekt  $PD$ :  $p=.003$ ) erhöht. Analysen nach einer Logit-Transformation<sup>89</sup> deuten zudem auf einen bedeutsamen Einfluss der Krankheitsschwere in der langsamen Phase hin (Interaktion  $PD \times Schwere$ :  $p=.094$ ): So betraf der erhöhte Anteil verzögerter Reaktionen hier nur die Patienten ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2, die Patienten im Stadium 1 unterschieden sich diesbezüglich nicht von ihrer VG.
- Ebenso ergaben nonparametrische Analysen<sup>90</sup> zur Anzahl Richtiger und zur Anzahl Auslasser in den Phasen 1 und 3, die aufgrund der sehr linksschiefen Verteilung zusätzlich durchgeführt wurden, einen bedeutsamen Einfluss der Krankheitsschwere allenfalls für die langsame Phase: So kamen in Phase 1 bei Patienten des Hoehn & Yahr-Stadiums 3 Auslasser besonders häufig vor ( $p=.094$  vs. H&Y1:  $p=.172$  vs. H&Y2:  $p=.281$ ), was (zumindest fast tendenziell) mit einer geringeren Anzahl richtiger Lösungen verbunden war (H&Y1:  $p=.672$ , H&Y2:  $p=.297$ , H&Y3:  $p=.102$ ).
- Im Hinblick auf den Anteil falscher Reaktionen ergaben sich für die Phasen 1 und 2 wiederum verschiedene komplexe Interaktionen, die hier nicht interpretiert werden sollen.

Insgesamt ließen diese Analysen wieder eine Verlangsamung der ZG (quantitative Ebene), nicht aber eine Beeinträchtigung auf qualitativer Ebene erkennen. Zudem wiesen die Befunde hier auf einen Deckeneffekt hin: Allenfalls bei sehr leichten Aufgaben (langsame Phase) schien die Krankheitsschwere noch einen Einfluss zu haben. Mit zunehmendem Schweregrad verschwanden aber die Unterschiede zwischen den Stadien, so dass die ZG insgesamt verlangsamt erschien (Phase mittelschnell). Bei sehr hoher Schwierigkeit (schnellste Phase) waren schließlich auch zur VG nur noch deskriptive Unterschiede zu beobachten. An dieser Stelle ist daran zu erinnern, dass sich ein solcher Deckeneffekt auch für die Güte der Spurhaltung in der Fahrverhaltensprobe ergeben hatte (s. Abschnitt 8.4.6.2.1.2).

<sup>89</sup> Siehe dazu die Anmerkungen zu Tabelle 50 in Anhang 1.3.4.

<sup>90</sup> Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben bei sukzessiver Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit; s. dazu auch die Anmerkungen zu den Tabellen 48 und 49 in Anhang 1.3.4.



---▲ ZG  
—■ VG

#### 8.6.4.3.7 DR2

Die zur Auswertung herangezogenen Parameter des DR2 als Test zur Erfassung des Entscheidungs- und Reaktionsverhaltens in einem dynamischen Fahrsetting waren

- die Reaktionszeit (unterteilt in Entscheidungs- und Bewegungszeit),
- die Anzahl ausgelassener Reize sowie
- die Anzahl von Entscheidungs- und Reaktionsfehlern.<sup>91</sup>

Da Auslasser und Fehler sehr linksschief verteilt waren bzw. sehr selten auftraten, wurden sie als dichotomisierte Variablen (kein vs. mindestens ein Auslasser/ Entscheidungsfehler/ Reaktionsfehler) mittels Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln bei stufenweiser Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit auf differenzierende Merkmale zwischen den Gruppen untersucht. Hierbei ergaben sich jedoch keinerlei statistisch bedeutsame Unterschiede.

- 29% der ZG und 17% der VG ließen mindestens ein Signal aus ( $X^2(1)=1.06$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.303$ ),
- 71% der ZG und 83% der VG zeigten mindestens einen Entscheidungsfehler ( $X^2(1)=1.06$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.303$ ), und
- 21% der ZG und 13% der VG begingen mindestens einen Reaktionsfehler ( $X^2(1)=.600$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.439$ ).

Varianzanalytisch wurden zunächst die Reaktionszeit und anschließend (i.S. einer geschlossenen Testprozedur) die Bewegungs- und Entscheidungszeit untersucht (s. Abbildung 8.6-17 und Tabelle 8.6-4). Hier zeigte sich, dass die Reaktionszeit der ZG signifikant höher war als die der VG (Haupteffekt *PD*:  $p=.020$ ): Die ZG benötigte im Mittel 0.95sek (SD=0.22sek), die VG 0.82sek (SD=0.10sek). Eine Abhängigkeit zum Schweregrad bestand nur deskriptiv (Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.185$ ).

Die weiteren Analysen ergaben, dass der Unterschied in der Reaktionszeit vorwiegend auf die Bewegungs- und weniger auf die Entscheidungszeit zurückging: So war die Entscheidungszeit bei der ZG nur deskriptiv (Haupteffekt *PD*:  $p=.152$ ; ZG: M=0.65sek, SD=0.14sek vs. VG: M=0.60sek, SD=0.08sek), die Bewegungszeit jedoch hochsignifikant (Haupteffekt *PD*:  $p=.007$ ; ZG: M=0.30sek, SD=0.12sek vs. VG: M=0.22sek, SD=0.06sek) höher als in der VG. Hinsichtlich der Bewegungszeit resultierte aber zudem eine signifikante disordinale Wechselwirkung mit der Krankheitsschwere ( $p=.044$ ), welche die Interpretierbarkeit dieses Haupteffekts einschränkte: So war die Bewegungszeit im Hoehn & Yahr-Stadium 3 ( $t=2.35$ ,  $p=.051$ ; ZG: M=0.34sek, SD=0.13sek vs. VG: M=0.22sek, SD=0.06sek) und v.a. im Stadium 2 ( $t=2.73$ ,  $p=.029$ ; ZG: M=0.33sek, SD=0.11sek vs. VG: M=0.21sek, SD=0.06sek), nicht aber im Stadium 1 ( $t=-0.51$ ,  $p=.632$ ; ZG: M=0.22sek, SD=0.09sek vs. VG: M=0.24sek, SD=0.07sek) höher als in der jeweiligen VG.

<sup>91</sup> Als Entscheidung wird das Verlassen des „Gaspedals“ betrachtet, als Reaktion gilt das Niederdrücken des „Bremspedals“.

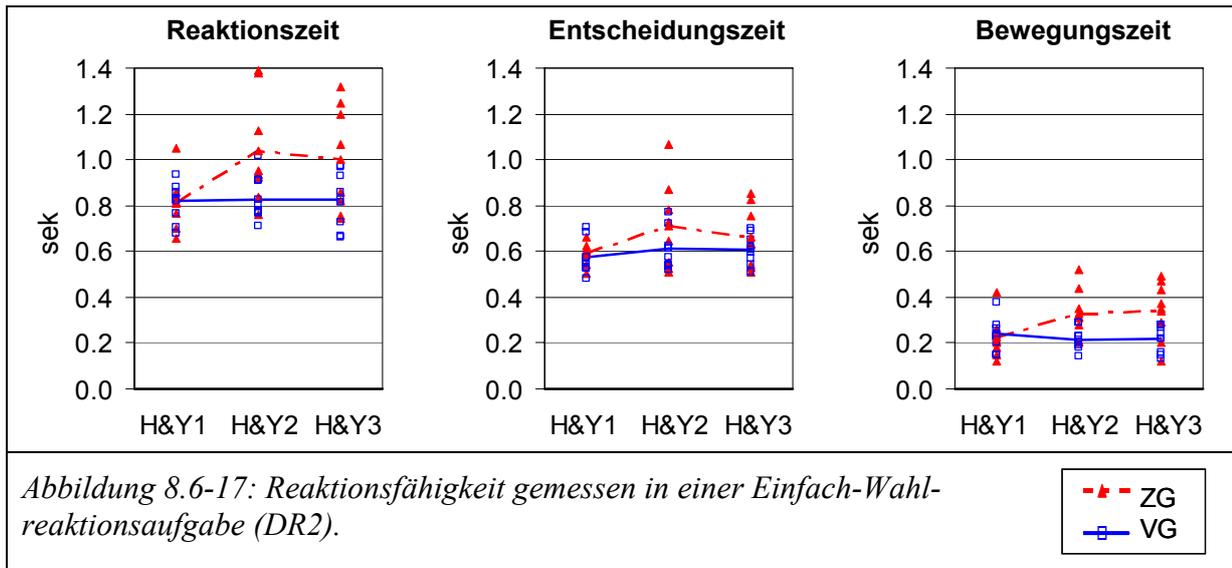


Tabelle 8.6-4: Varianzanalysen zur Reaktionsfähigkeit im DR2.

| Quelle                   | Parameter            | QS          | df       | MQ          | F           | p           |
|--------------------------|----------------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>Reaktionszeit</b> | <b>0.19</b> | <b>1</b> | <b>0.19</b> | <b>6.49</b> | <b>.020</b> |
|                          | Entscheidungszeit    | 0.03        | 1        | 0.03        | 2.24        | .152        |
|                          | <b>Bewegungszeit</b> | <b>0.06</b> | <b>1</b> | <b>0.06</b> | <b>9.36</b> | <b>.007</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | Reaktionszeit        | 0.11        | 2        | 0.06        | 1.86        | .185        |
|                          | Entscheidungszeit    | 0.02        | 2        | 0.01        | 0.49        | .621        |
|                          | <b>Bewegungszeit</b> | <b>0.05</b> | <b>2</b> | <b>0.03</b> | <b>3.74</b> | <b>.044</b> |
| <b>PD * TM</b>           | Reaktionszeit        | 0.03        | 1        | 0.03        | 1.06        | .316        |
|                          | Entscheidungszeit    | 0.00        | 1        | 0.00        | 0.18        | .677        |
|                          | Bewegungszeit        | 0.02        | 1        | 0.02        | 2.28        | .148        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | Reaktionszeit        | 0.06        | 2        | 0.03        | 0.97        | .399        |
|                          | Entscheidungszeit    | 0.02        | 2        | 0.01        | 0.57        | .574        |
|                          | Bewegungszeit        | 0.03        | 2        | 0.01        | 2.11        | .150        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | Reaktionszeit        | 0.54        | 18       | 0.03        |             |             |
|                          | Entscheidungszeit    | 0.28        | 18       | 0.02        |             |             |
|                          | Bewegungszeit        | 0.12        | 18       | 0.01        |             |             |

Insgesamt wiesen die Leistungen im DR2 also eher auf eine motorische als auf eine kognitive Verlangsamung der ZG hin, da der Unterschied in der Reaktionszeit primär auf die Bewegungs- und weniger auf die Entscheidungszeit zurückging. Der Einfluss der Krankheitsschwere auf die Bewegungszeit könnte dadurch erklärt werden, dass sich dieser vorwiegend bei - wie in diesem Fall - sehr leichten motorischen Aufgaben zeigt. Diese Annahme wird durch entsprechende Befunde zur Spurhaltung in der Fahrverhaltensprobe (s. Abschnitt 8.4.6.2.1.2) sowie zur Reaktionsfähigkeit im RST3 (s. Abschnitt 8.6.4.3.6) gestützt.

#### 8.6.4.3.8 Zusammenfassung der Analyse der Rohwerte in den Leistungstests

Tabelle 8.6-5 fasst die Befunde zur Analyse der Rohwerte nochmals zusammen. Demzufolge zeigten sich in der optischen Merkfähigkeit (GEMAT3) und der nonverbalen Intelligenz (MAT) keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen ZG und VG. In der Tendenz konnte die ZG komplexe Straßenverkehrssituationen bei tachistoskopischer Darbietung weniger detailliert erfassen (TT15) als die VG. Allerdings war dieser Unterschied deskriptiv betrachtet nur schwach ausgeprägt. Beim Q1 (Test zur Aufmerksamkeit unter Monotonie) sowie beim LL5 (Test zur visuellen Strukturierungsfähigkeit) arbeiteten die Patienten signifikant langsamer, aber nicht weniger genau als die VG.

Im Bereich der reaktiven Belastbarkeit (RST3) ergab sich, dass die Patienten aufgrund einer erhöhten Anzahl von ausgelassenen Signalen (und nicht aufgrund einer erhöhten Fehlerquote) seltener richtig reagierten. Wenn sie richtig reagierten, erfolgte die Reaktion gehäuft verzögert. Diese Verlangsamung der ZG zeigte sich v.a. in den Phasen mit längerer Darbietungszeit der Signale. Bei sehr hoher Schwierigkeit bzw. in der schnellsten Phase schnitt die ZG nur noch deskriptiv schlechter ab als die VG, was auf einen Deckeneffekt hinwies.

Die Leistungsmaße zur Erfassung des Entscheidungs- und Reaktionsverhaltens in einem dynamischen Fahrsetting (DR2) sprachen für eine primär motorische Verlangsamung der ZG: Die erhöhte Reaktionszeit war durch eine signifikant erhöhte Bewegungs-, aber nur durch eine deskriptiv erhöhte Entscheidungszeit bedingt.

Nur bei Parametern aus sehr einfachen motorischen Aufgaben (langsamste Phase des RST3 sowie Bewegungszeit beim DR2) hatte die Krankheitsschwere einen bedeutsamen Effekt. Die hier zu beobachtende Verlangsamung betraf nur die Patienten in den Hoehn & Yahr-Stadien 2 und 3, nicht aber die Patienten im Stadium 1. Bedeutsame Zusammenhänge zur Tagesmüdigkeit konnten in der gesamten Batterie nicht nachgewiesen werden. Nur vereinzelt fanden sich Hinweise für ein etwas besseres Abschneiden der ZG mit Tagesmüdigkeit.

Somit bleibt festzuhalten, dass sich die ZG in der gesamten Testbatterie durch eine Verlangsamung auszeichnete, wobei die Befunde aus RST3 und DR2 andeuteten, dass diese eher motorisch als kognitiv bedingt war. Insbesondere spricht dafür auch, dass die Verlangsamung der ZG beim DR2 hauptsächlich auf die Bewegungszeit und weniger auf die Entscheidungszeit zurückging. Lediglich der tendenzielle, deskriptiv aber geringfügig ausgeprägte Unterschied im TT15 (Anzahl Richtige) kann als Zeichen für eine kognitive Verlangsamung gewertet werden. Beim Q1 und LL5 (geringere Anzahl bearbeiteter Items) konnte nicht zweifelsfrei entschieden werden, ob es sich eher um eine motorische oder kognitive Verlangsamung handelte, da bei beiden ein schnelles Tastendrücken gefordert wird, ohne dass Entscheidungs- und Bewegungszeit getrennt erfasst werden. So erschien es möglich, dass es sich um eine primär motorisch bedingte Verlangsamung handelte, obwohl durch die Tests eigentlich kognitive Aspekte geprüft werden sollen. Für eine primär motorische Verlangsamung spricht auch, dass sich beim GEMAT3 und beim MAT - als rein kognitive Verfahren, bei denen ein schnelles Tastendrücken die Testleistung nicht beeinflusst - im Mittel keine Beeinträchtigungen zeigten. Ausreißer fanden sich allerdings nur unter den schwerer erkrankten Patienten (Hoehn & Yahr-Stadien 2/ 3).

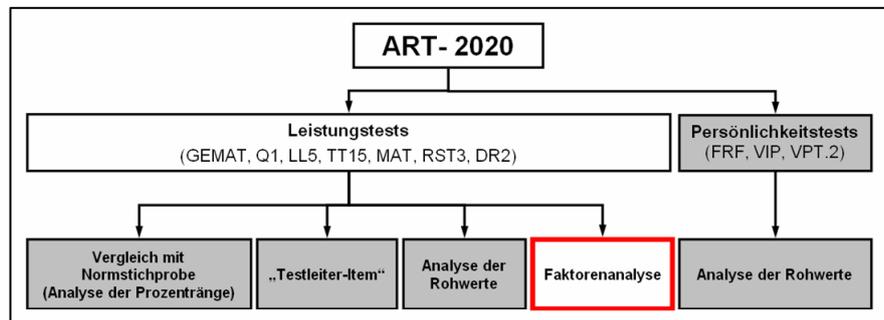
Auf qualitativer Ebene, also im Hinblick auf Fehler bzw. Fehlreaktionen, erwies sich die ZG der VG insgesamt nicht als unterlegen.

Tabelle 8.6-5: Zusammenfassende Übersicht zur Analyse der Rohwerte in den Leistungstests am ART-2020. Welche Subgruppe der ZG war schlechter (<), gleich gut (=) oder besser(>) als ihre VG?

| <i>Test/ Parameter</i>      | <i>H&amp;Y1<br/>o. TM</i> | <i>H&amp;Y1<br/>m. TM</i> | <i>H&amp;Y2<br/>o. TM</i> | <i>H&amp;Y2<br/>m. TM</i> | <i>H&amp;Y3<br/>o. TM</i> | <i>H&amp;Y3<br/>m. TM</i> |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| GEMAT3 Richtige             | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| Q1 % Falsche                | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| Q1 Bearbeitete              | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        |
| LL5 % Falsche               | ≤                         | >>                        | ≤                         | >>                        | ≤                         | >>                        |
| LL5 Bearbeitete             | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        |
| TT15 Richtige               | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         |
| MAT Richtige                | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| MAT Abbruch                 | =                         | =                         | ≤                         | ≤                         | ≤                         | ≤                         |
| RST3 - Phase 1 Richtige     | ≤                         | ≤                         | <                         | <                         | <<                        | <<                        |
| RST3 - Phase 2 Richtige     | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| RST3 - Phase 3 Richtige     | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         |
| RST3 - Phase 1 % Verzögerte | =                         | =                         | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        |
| RST3 - Phase 2 % Verzögerte | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         |
| RST3 - Phase 3 % Verzögerte | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        |
| RST3 - Phase 1 Auslasser    | <                         | <                         | <                         | <                         | <<                        | <<                        |
| RST3 - Phase 2 Auslasser    | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| RST3 - Phase 3 Auslasser    | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         | <                         |
| RST3 - Phase 1 % Falsche    | =                         | ≥                         | =                         | <                         | ≥                         | ≤                         |
| RST3 - Phase 2 % Falsche    | =                         | >>                        | <                         | =                         | ≥                         | ≤                         |
| RST3 - Phase 3 % Falsche    | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| DR2 Auslasser               | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| DR2 Entscheidungsfehler     | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| DR2 Reaktionsfehler         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| DR2 Reaktionszeit           | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        | <<                        |
| DR2 Entscheidungszeit       | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         | =                         |
| DR2 Bewegungszeit           | =                         | =                         | <<                        | <<                        | <                         | <                         |

#### 8.6.4.4 Faktorenanalyse

Durch eine Faktorenanalyse sollte untersucht werden, ob die motorischen Symptome bei M. Parkinson andere Einflüsse überlagern. So wurde geprüft, ob die erfassten Variablen im ART-2020 auf wenige Faktoren reduziert werden könnten und ob die ggf. zugrunde liegende faktorielle Struktur für ZG und VG identisch war.



Um die Anzahl der Variablen zu begrenzen, wurde aus jedem Test nur ein Parameter ausgewählt. Bei mehreren Parametern wurde jeweils derjenige aufgenommen, der in der varianzanalytischen Auswertung der Rohwerte am besten zwischen ZG und VG differenzierte. Eine Ausnahme bildeten der RST3 und der DR2: Aus dem RST3 wurde für jede Phase eine Variable einbezogen, aus dem DR2 neben der Bewegungs- auch die Entscheidungszeit, da hier durch deren getrennte Erfassung eindeutig zwischen motorischer und kognitiver Verlangsamung differenziert werden konnte. Zu den ausgewählten Parametern zählten demnach:

- GEMAT3: Anzahl Richtige
- Q1: Anzahl Bearbeitete
- LL5: Anzahl Bearbeitete
- MAT: Anzahl Richtige
- TT15: Anzahl Richtige
- RST3: %-Verzögerte in Phase 1, 2 und 3
- DR2: Entscheidungs- und Bewegungszeit.

Zunächst wurde aus diesen Variablen nur für die ZG eine Korrelationsmatrix erstellt. Dabei wurden sukzessive die Variablen mit einem MSA-Wert  $< .5$  (Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium, KMO) ausgeschlossen. Dies betraf die %-Verzögerten in der Phase 1 des RST3 sowie die Bewegungszeit im DR2.<sup>92</sup> Demnach blieben acht Variablen, so dass die Fallzahl - entsprechend der Empfehlung von Backhaus, Erichson, Plinke und Weiber (1994, S. 254) der dreifachen Variablenzahl entsprach. Der MSA-Wert für die Korrelationsmatrix lag nun bei  $.738$ , was nach Kaiser und Rice (1974, zitiert nach Backhaus et al., 1994, S. 205) als „ziemlich gut“ anzusehen ist.

Die gleichen acht Variablen lieferten bei einer entsprechenden Faktorenanalyse für die VG nur einen MSA-Wert von  $.593$ , was nach Kaiser und Rice (1974, zitiert nach Backhaus et al., 1994, S. 205) allenfalls als „mittelmäßig“ bezeichnet werden kann. Jedoch lagen nur zwei der variablen-spezifischen MSA-Werte ganz knapp unter  $.5$  (MAT Anzahl Richtige:  $.492$ , DR2

<sup>92</sup> Auffällig ist, dass dies - entsprechend der varianzanalytischen Auswertung der Rohwerte - genau die Variablen aus den einfachsten motorischen Aufgaben waren, bei denen als einzige ein bedeutsamer Einfluss der Krankheitsschwere nachgewiesen werden konnte.

Entscheidungszeit: .484), so dass die Durchführung der Faktorenanalyse gerade noch als gerechtfertigt angesehen wurde. Allerdings deutete bei der VG schon die geringere Zusammengehörigkeit der Variablen an, dass in dieser Gruppe durch die Variablen eher verschiedene Aspekte getestet wurden, während die erfassten Parameter bei der ZG eher auf gemeinsame Faktoren zurückzugehen schienen.

Die Ergebnisse der Faktorenanalysen bestätigten diese Annahme. Für die ZG ergaben sich bei Anwendung des Kaiser-Kriteriums zur Faktorenextraktion sowie einer VARIMAX-Rotation zwei Faktoren, deren Komponentenmatrix in Tabelle 8.6-6 dargestellt ist. Der erste Faktor ließ sich als „Motorische Leistungsfähigkeit/ Geschwindigkeit“ bezeichnen, was sich v.a. an den hohen Ladungen der %Verzögerten im RST3 zeigte. Auf dem zweiten Faktor luden dagegen nur rein kognitive Parameter: die „Anzahl Richtige“ im GEMAT3, im MAT und im TT15 sowie die Entscheidungszeit im DR2, so dass dieser Faktor als „Kognitive Leistungsfähigkeit“ umschrieben werden konnte. Dass die Variablen „Anzahl Bearbeitete“ im Q1 und im LL5 auf dem motorischen Faktor luden, spricht dafür, dass sie bei den Patienten - wie bereits in Abschnitt 8.6.4.3 vermutet - weniger Aufmerksamkeit und visuelle Strukturierungsfähigkeit erfassten, sondern mit dem schnellen Tastendrücken als motorische Aufgabe konfundiert waren. Zumindest in geringerer Ausprägung lud die Anzahl der Bearbeiteten im Q1 aber auch auf dem Faktor „kognitive Leistungsfähigkeit“. Der Anteil an der Gesamtvarianz, der durch beide Faktoren aufgeklärt wurde, lag bei 74,4%.

Für die VG lieferte die gleiche Faktorenanalyse hingegen eine 3-faktorielle Lösung, wodurch insgesamt 71.9% der Gesamtvarianz aufgeklärt werden konnten. Die entsprechende Komponentenmatrix ist ebenfalls in Tabelle 8.6-6 dargestellt. Auf einem als „Kognitive Leistungsfähigkeit“ zu interpretierenden Faktor luden hier die „Anzahl Richtige“ im GEMAT3, im MAT und im TT15, aber auch die Anzahl von Bearbeiteten im LL5. Die %Verzögerten im RST3 luden nun alleine auf einem zweiten und damit als „Motorische Leistungsfähigkeit/ Geschwindigkeit“ zu bezeichnenden Faktor. Die Anzahl von Bearbeiteten im Q1 und die Entscheidungszeit im DR2 luden nun auf einem eigenen Faktor, der mit dem Begriff „Aufmerksamkeit“ umschrieben werden könnte.

*Tabelle 8.6-6: Rotierte Komponentenmatrizen der Faktorenanalysen zu den Parametern der Leistungstests am ART-2020.*

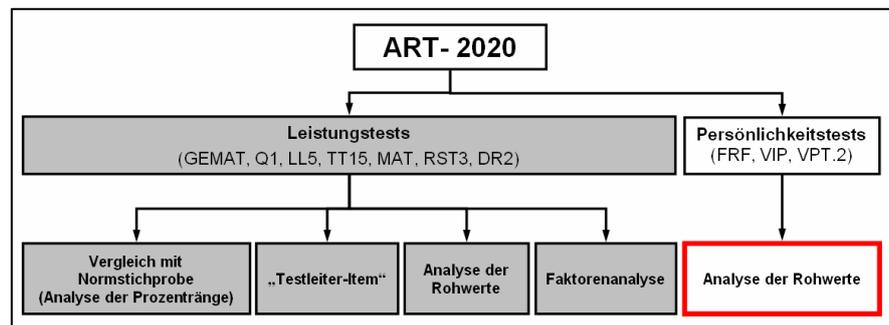
| Parameter                | ZG <sup>a</sup> |                  | VG <sup>b</sup>  |                |                       |
|--------------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------------|
|                          | Faktor Motorik  | Faktor Kognition | Faktor Kognition | Faktor Motorik | Faktor Aufmerksamkeit |
| GEMAT3 Anzahl Richtige   | .346            | <b>.643</b>      | <b>.591</b>      | .220           | .173                  |
| MAT Anzahl Richtige      | .187            | <b>.846</b>      | <b>.914</b>      | -.101          | -.106                 |
| TT15 Anzahl Richtige     | .164            | <b>.876</b>      | <b>.601</b>      | .336           | .496                  |
| DR2 Entscheidungszeit    | -.415           | <b>-.740</b>     | -.022            | .041           | <b>-.859</b>          |
| Q1 Anzahl Bearbeitete    | <b>.715</b>     | .501             | .127             | .214           | <b>.689</b>           |
| LL5 Anzahl Bearbeitete   | <b>.807</b>     | .170             | <b>.736</b>      | .289           | .137                  |
| RST3 %Verzögerte Phase 2 | <b>-.872</b>    | -.241            | -.181            | <b>-.934</b>   | -.092                 |
| RST3 %Verzögerte Phase 3 | <b>-.893</b>    | -.309            | -.154            | <b>-.935</b>   | -.125                 |

<sup>a</sup> Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse, Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung. Die Rotation ist in drei Iterationen konvergiert. <sup>b</sup> Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse, Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung. Die Rotation ist in vier Iterationen konvergiert.

Ein Vergleich der Faktorenlösungen für die beiden Gruppen zeigt also, dass die Parameter des Q1 und LL5 bei der ZG eher motorische Aspekte erfassen (ähnlich wie die % Verzögerten im RST3), während sie bei der VG den Faktoren Kognition und Aufmerksamkeit zugeordnet waren. Daraus lässt sich schließen, dass der Q1 und der LL5 bei der ZG - anders als bei der VG - primär motorische und weniger - wie eigentlich beabsichtigt - kognitive Aspekte erfassen. Für eine adäquate Diagnostik der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson müssten diese Verfahren daher angepasst werden, so dass eindeutig zwischen Motorik und kognitiver Verarbeitung getrennt werden kann.

### 8.6.5 Ergebnisse aus den Persönlichkeitstests

Die verschiedenen Skalen aus FRF, VIP und VPT.2 wurden (entsprechend dem allgemeinen Auswertungskonzept) varianzanalytisch auf Persönlichkeitsunterschiede zwischen den Versuchsgruppen getestet. Auf



die entsprechenden Befunde soll hier nur kurz eingegangen werden. Die zugehörigen Ergebnistafeln sowie eine tabellarische Darstellung der Deskriptiva finden sich in Anhang 1.3.4 (Tabellen 52 bis 55).

Ein signifikanter Effekt ergab sich lediglich auf der Skala Expressivität/ Selbstsicherheit im VPT2 (Haupteffekt  $PD: p=.003$ ), demzufolge sich die ZG als deutlich weniger selbstsicher beschrieb als die VG. In der Tendenz antworteten die Patienten im VIP etwas stärker sozial erwünscht (Haupteffekt  $PD: p=.079$ ) und zeichneten sich durch einen etwas geringeren Grad an Selbstreflexion aus (Haupteffekt  $PD: p=.096$ ).

### 8.6.6 Zusammenfassung der Befunde aus der Testbatterie am ART-2020

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei der ZG am ART-2020 v.a. (psycho-)motorische Beeinträchtigungen i.S. einer Verlangsamung evident wurden. Dabei fand sich ein bedeutsamer Einfluss der Krankheitsschwere nur bei sehr einfachen Aufgaben zur Reaktionsfähigkeit (beim DR2 und beim RST3 nur in der langsamen Phase). Defizite in den rein kognitiven Bereichen (Merkfähigkeit, Intelligenz) bzw. qualitative Unterschiede in der Verarbeitung (gehäuftes Auftreten von Fehlern bzw. Fehlreaktionen) konnten nicht nachgewiesen werden. Dieser Befund wurde v.a. dadurch unterstützt, dass die Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit im DR2 primär auf die Bewegungszeit und weniger auf die Entscheidungszeit zurückgingen und (quantitative) Leistungsbeeinträchtigungen stets bei Tests mit einer motorischen Komponente unter Zeitdruck (Tasten drücken) evident wurden. Die Hypothese, dass die eigentlich kognitiven Verfahren LL5 und Q1 bei der ZG eher motorische Beeinträchtigungen erfassen, wurde zudem durch eine - den Testparametern zugrunde liegende - unterschiedliche faktorielle Struktur bei ZG und VG gestützt. So luden diese bei der ZG auf einem Faktor „Motorik“, bei der VG auf den Faktoren „Kognition“ und „Aufmerksamkeit“. Auch dass sich die Variablen bei der ZG entsprechend dem KMO-Kriterium besser für eine Faktorenanalyse

eigneten und nur eine zweifaktorielle Lösung resultierte, während sich für die VG eine dreifaktorielle Lösung ergab, spricht dafür, dass die Testbatterie bei der VG ein differenzierteres Leistungsspektrum erfasste. Nur vereinzelt fanden sich Hinweise auf eine kognitive Verlangsamung i.S. einer Bradyphrenie (tendenziell weniger Richtige im TT15). Extreme Ausreißer im GEMAT3 (als Hinweis auf eine dementielle Beeinträchtigung) sowie ein vorzeitiger, automatisierter Abbruch beim MAT fanden sich allerdings nur in der ZG ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2.

Ein Vergleich mit der Normstichprobe ergab bei Anwendung üblicher Kriterien zum Bestehen der Testbatterie ( $PR > 15$  in allen erfassten Parametern) enorm hohe Durchfallquoten (96% in der ZG, 92% in der VG) - auch bei einem Vergleich mit der älteren Normstichprobe 50+ (79% in der ZG, 71% in der VG). Dies spricht dafür, dass die Testbatterie für Personen der hier untersuchten Altersgruppe insgesamt zu schwer war, was auch bereits bei der Erhebung und den Analysen zum Testleiter-Item ersichtlich wurde. Zudem war das Durchfall-Kriterium wohl auch zu streng definiert, so dass es - vermutlich i.S. eines Deckeneffekts - nur unzureichend zwischen ZG und VG differenzieren konnte. Dies betraf insbesondere den RST3.

In ihrer Persönlichkeit erwiesen sich ZG und VG insgesamt als vergleichbar. Lediglich hinsichtlich der Selbstsicherheit ergab sich ein deutlicher Unterschied. Der Befund einer geringeren Selbstsicherheit der Patienten spricht aber für die Repräsentativität der hier untersuchten Stichprobe. So berichten z.B. Ellgring und Macht (1999), dass das Sozialverhalten bei Patienten mit M. Parkinson durch Unsicherheit im Umgang mit anderen gekennzeichnet ist.

## 8.7 Fragebogen zum Fahrverhalten

Als Gesamtscore zum Einsatz kompensatorischer Strategien wurden die ersten 17 Items (mit Ausnahme des Items 12 „Ich fahre nur, wenn meine Parkinson-Medikamente optimal wirken“) aus dem unter 8.2.2.4 beschriebenen Fragebogen zum Fahrverhalten aufsummiert (s. dazu auch Anhang 1.1.6). Die Antwortmöglichkeiten wurden mit je 1 bis 4 Punkten (1=grundsätzlich/ ja, 2=wenn möglich/ eher ja, 3=eher nicht/ eher nein, 4=überhaupt nicht/ nein) gewertet. Insgesamt konnten also 16 bis 64 Punkte erreicht werden, wobei ein geringer Score ein hohes Maß an Kompensation indizierte. Innerhalb des Gesamtscores wurde zudem zwischen einem Score zur taktischen (Items 13-17, 5 bis 20 Punkte erreichbar) und zur strategischen Kompensation (Items 1-11, 11 bis 44 Punkte erreichbar) unterschieden. Da die Fahrverhaltensprobe in der Simulation für die ZG eine enorme Kompensation über die Geschwindigkeit belegt hatte, wurde das Item 14 („Ich fahre besonders langsam“) zusätzlich separat ausgewertet. So sollte überprüft werden, inwiefern den Patienten diese Kompensation subjektiv bewusst war. Schließlich wurde das Item 12 (abweichend vom allgemeinen Auswertungskonzept) nur innerhalb der ZG auf eine Abhängigkeit von Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit geprüft (zweifaktorielle Varianzanalyse).

Tabelle 8.7-1 zeigt zunächst die Ergebnisse der Varianzanalysen, die nach dem allgemeinen Auswertungskonzept durchgeführt wurden. Erwartungsgemäß kompensierte die ZG ihren eigenen Angaben zufolge signifikant stärker als die VG (Kompensation Gesamtscore: Haupteffekt  $PD$ :  $p=.010$ ; ZG:  $M=41.71$ ,  $SD=11.21$ , VG:  $M=48.58$ ,  $SD=6.60$ ). Nur deskriptiv nahm dabei das Ausmaß an Kompensation mit der Krankheitsschwere zu (Interaktion  $PD \times Schwere$ :  $p=.365$ ; s. auch Abbildung 8.7-1).

Getrennte Analysen für die Scores zur taktischen und strategischen Kompensation zeigten aber, dass

- die ZG auf strategischer Ebene sogar hochsignifikant ( $p=.003$ ; ZG:  $M=29.50$ ,  $SD=8.38$ , VG:  $M=35.96$ ,  $SD=4.82$ ),
- auf taktischer Ebene jedoch selbst deskriptiv nicht stärker kompensiert als die VG ( $p=.541$ ; ZG:  $M=12.21$ ,  $SD=3.53$ , VG:  $M=12.63$ ,  $SD=2.62$ ; s. auch Abbildung 8.7-1).

Analysierte man das Item 14 („Ich fahre besonders langsam“) isoliert, ergab sich zumindest ein tendenzieller Haupteffekt *PD* ( $p=.081$ ), demzufolge die ZG subjektiv stärker über eine geringe Geschwindigkeit kompensiert als die VG. Dass dies - wie sich in Abbildung 8.7-1 abzeichnet - nur für die Patienten der Stadien 2 und 3 galt, konnte inferenzstatistisch nicht abgesichert werden (Interaktion *PD* x *Schwere*:  $p=.220$ ). Diese subjektiven Angaben spiegelten demnach die deutlichen objektiven Unterschiede aus der Fahrsimulation (s. Abschnitt 8.4.6.2.1.1) nur in relativ schwacher Ausprägung wider.

Die Varianzanalyse innerhalb der ZG bestätigte, dass schwerer erkrankte Patienten ihr Fahren stärker von der Wirkung der Parkinson-Medikation abhängig machten (Item 12; Haupteffekt *Schwere*:  $F(2)=3.950$ ,  $p=.038$ ). Durch entsprechende Post-Hoc-Tests zeigte sich, dass sich diesbezüglich nur die Patienten im Stadium 1 von den Stadien 2 ( $t=2.20$ ,  $p=.045$ ; Hoehn & Yahr 1:  $M=2.88$ ,  $SD=0.83$  vs. Hoehn & Yahr 2:  $M=2.00$ ,  $SD=0.76$ ) und 3 ( $t=2.62$ ,  $p=.020$ ; Hoehn & Yahr 3:  $M=1.63$ ,  $SD=1.06$ ) unterschieden, wohingegen die Stadien 2 und 3 nicht voneinander differierten ( $t=0.81$ ,  $p=.429$ ). Die Tagesmüdigkeit hatte hier keinen statistisch bedeutsamen Einfluss.

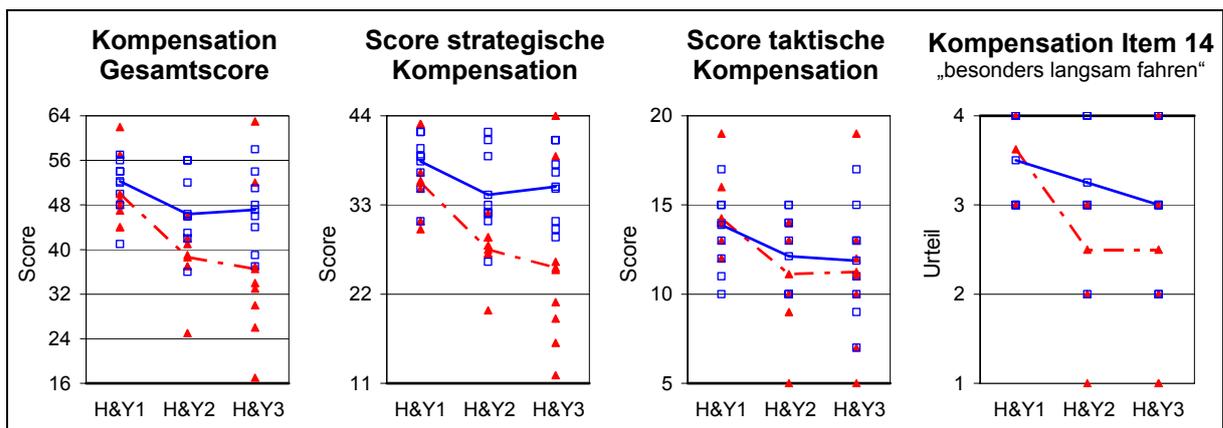


Abbildung 8.7-1: Kompensationsbemühungen nach subjektiver Beschreibung des eigenen Fahrstils. Ein geringer Score entspricht jeweils einem hohen Maß an Kompensation.

Tabelle 8.7-1: Varianzanalysen zur Kompensation nach subjektiver Beschreibung des eigenen Fahrstils.

| Quelle                   | Variable                               | QS            | df       | MQ            | F            | p           |
|--------------------------|----------------------------------------|---------------|----------|---------------|--------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>Kompensation Gesamtscore</b>        | <b>567.19</b> | <b>1</b> | <b>567.19</b> | <b>8.35</b>  | <b>.010</b> |
|                          | <b>Score strategische Kompensation</b> | <b>500.52</b> | <b>1</b> | <b>500.52</b> | <b>11.98</b> | <b>.003</b> |
|                          | Score taktische Kompensation           | 2.08          | 1        | 2.08          | 0.39         | .541        |
|                          | Item 14                                | <b>1.69</b>   | <b>1</b> | <b>1.69</b>   | <b>3.42</b>  | <b>.081</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | Kompensation Gesamtscore               | 144.88        | 2        | 72.44         | 1.07         | .365        |
|                          | Score strategische Kompensation        | 109.29        | 2        | 54.65         | 1.31         | .295        |
|                          | Score taktische Kompensation           | 4.04          | 2        | 2.02          | 0.38         | .692        |
|                          | Item 14                                | 1.63          | 2        | 0.81          | 1.65         | .220        |
| <b>PD * TM</b>           | Kompensation Gesamtscore               | 6.02          | 1        | 6.02          | 0.09         | .769        |
|                          | Score strategische Kompensation        | 4.69          | 1        | 4.69          | 0.11         | .742        |
|                          | Score taktische Kompensation           | 0.08          | 1        | 0.08          | 0.02         | .902        |
|                          | Item 14                                | 0.19          | 1        | 0.19          | 0.38         | .545        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | Kompensation Gesamtscore               | 105.29        | 2        | 52.65         | 0.78         | .475        |
|                          | Score strategische Kompensation        | 42.88         | 2        | 21.44         | 0.51         | .607        |
|                          | Score taktische Kompensation           | 23.04         | 2        | 11.52         | 2.14         | .146        |
|                          | Item 14                                | 0.13          | 2        | 0.06          | 0.13         | .882        |
| <b>Fehler (PD)</b>       | Kompensation Gesamtscore               | 1222.13       | 18       | 67.90         |              |             |
|                          | Score strategische Kompensation        | 752.13        | 18       | 41.78         |              |             |
|                          | Score taktische Kompensation           | 96.75         | 18       | 5.38          |              |             |
|                          | Item 14                                | 8.88          | 18       | 0.49          |              |             |

Zusammenfassend berichteten also die Patienten eine starke Kompensation auf strategischer Ebene. Ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2 gaben sie zudem an, die Wirkung ihrer Parkinson-Medikamente zu berücksichtigen, wenn sie am motorisierten Straßenverkehr teilnahmen. Obwohl sie entsprechend der objektiven Daten (Fahrsimulation) auch sehr stark zu einer taktischen Kompensation tendierten, spiegelte sich dies kaum in ihren subjektiven Angaben wider. Möglicherweise waren sie sich gar nicht dessen bewusst, wie sehr sie auch taktisch kompensierten. Da sich dies aber als äußerst effektiv erwiesen hatte, ist anzunehmen, dass die positive Wirkung noch verstärkt werden könnte, wenn man die Patienten sowohl auf ihren (unbewussten?) Einsatz als auch auf die positive Wirkung einer solchen taktischen Kompensation aufmerksam machen würde.

## 8.8 Vergleich von Fahrverhaltensprobe und ART-2020

Da die vorliegende Arbeit primär eine profilartige Beschreibung des Fahrverhaltens von Parkinson-Patienten liefern sollte, werden im Folgenden nur die Befunde zu Sensitivität und Spezifität des Bestehens der Leistungstestbatterie am ART-2020 für das Testleiterurteil in der Fahrverhaltensprobe berichtet. Weitere vergleichende oder interkorrelative Analysen sollen an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Auf der Prädiktoreseite wurde also das Bestehen der ART-2020-Leistungstestbatterie herangezogen. Die Batterie galt als bestanden, wenn bei einem Vergleich mit der Normstichprobe in allen Parametern ein Prozentrang von mindestens 16 erreicht wurde (PR16) (vgl. Abschnitt 8.6.4.1 und BASt, 2000). Hier wurde aber (wie auch in Abschnitt 8.6.4.1) zusätzlich ein entsprechender Vergleich mit der Normstichprobe 50+ (50 Jahre und älter) durchgeführt (PR16[50+]).

Als Kriterium der Fahrtauglichkeit wurde das auf der Fahrverhaltensprobe beruhende Testleiterurteil zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten (keine vs. leichte vs. nicht unerhebliche/ schwerwiegende) gewählt. Dabei wurde „Fahrtauglichkeit“ auf zwei Arten definiert:

- Die Testleiter der Fahrverhaltensprobe beobachteten höchstens vereinzelte Auffälligkeiten (FVP „vereinzelte“).
- Die Testleiter der Fahrverhaltensprobe beurteilten das Fahrverhalten als völlig unauffällig (FVP „unauffällig“).

Tabelle 8.8-1 zeigt die entsprechenden Sensitivitäten und Spezifitäten insgesamt sowie getrennt für ZG und VG.

Wie aufgrund der inflationären Durchfallquoten zu erwarten, resultierten beim Prädiktor PR16 - unabhängig vom gewählten Kriterium - perfekte Sensitivitäten, aber minimale Spezifitäten. Demzufolge lieferten entsprechende Chi-Quadrat-Tests für Kontingenztafeln auch keinerlei bedeutsame Zusammenhänge.

Aber selbst bei einem Vergleich mit der älteren Normstichprobe (PR16[50+]) war der Anteil an Personen, welche durch die Testbatterie zu Recht als fahrtauglich klassifiziert worden wären (Spezifität), viel zu gering. So erbrachten bspw. nur 38.5% der Testfahrer, die in der Fahrverhaltensprobe völlig unauffällig fuhren, die geforderte Testleistung.

Nur bei diesem sehr streng definierten Kriterium zur Fahrtauglichkeit (FVP „unauffällig“) konnte ein entsprechender Chi-Quadrat-Test für Kontingenztafeln einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen Test- und Fahrleistung bestätigen - allerdings nur für die ZG ( $X^2(1)=6.19$ ,  $p(\text{exakt})=.028$  vs. VG:  $X^2(1)=0.61$ ,  $p(\text{exakt})=.629$ ).

So wären fast alle Patienten mit mindestens vereinzelten Auffälligkeiten im Fahrverhalten (94%) anhand der Leistungstests entdeckt worden und immerhin die Hälfte der völlig unauffälligen Patienten wären zu Recht als fahrtauglich diagnostiziert worden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass das Vorliegen von vereinzelten Auffälligkeiten das Urteil „fahrtauglich“ keinesfalls rechtfertigt. Fast dreiviertel der Patienten (73.7%), die in den Leistungstests deutliche Defizite erkennen ließen, konnten diese so gut kompensieren, dass in ihrem Fahrverhalten höchstens vereinzelte Auffälligkeiten beobachtet wurden.

Obwohl im Fahrverhalten der gesunden Testfahrer allenfalls vereinzelte, aber keine erheblichen Auffälligkeiten beobachtet wurden, bestanden auch sie die Testbatterie mehrheitlich

nicht. Dabei korrelierte - wie bereits erwähnt - selbst das sehr strenge Kriterium FVP „unauffällig“ nicht mit dem Bestehen der Leistungstests.

*Tabelle 8.8-1: Sensitivität und Spezifität (in %) der ART-2020-Leistungstestbatterie für die Testleiterurteile zur Fahrtauglichkeit bei unterschiedlich definierten Prädiktoren und Kriterien.*

| Prädiktor     | Kriterium         | Sensitivität Spezifität |             | Sensitivität Spezifität |             | Sensitivität Spezifität |      |
|---------------|-------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------|
|               |                   |                         |             | ZG                      | ZG          | VG                      | VG   |
| PR16          | FVP "vereinzelt"  | 100.0                   | 7.0         | 100.0                   | 5.3         |                         | 8.3  |
|               | FVP "unauffällig" | 100.0                   | 11.5        | 100.0                   | 12.5        | 100.0                   | 11.1 |
| PR16<br>[50+] | FVP "vereinzelt"  | 100.0                   | 27.9        | 100.0                   | 26.3        |                         | 29.2 |
|               | FVP "unauffällig" | <b>90.9</b>             | <b>38.5</b> | <b>93.8</b>             | <b>50.0</b> | 83.3                    | 33.3 |

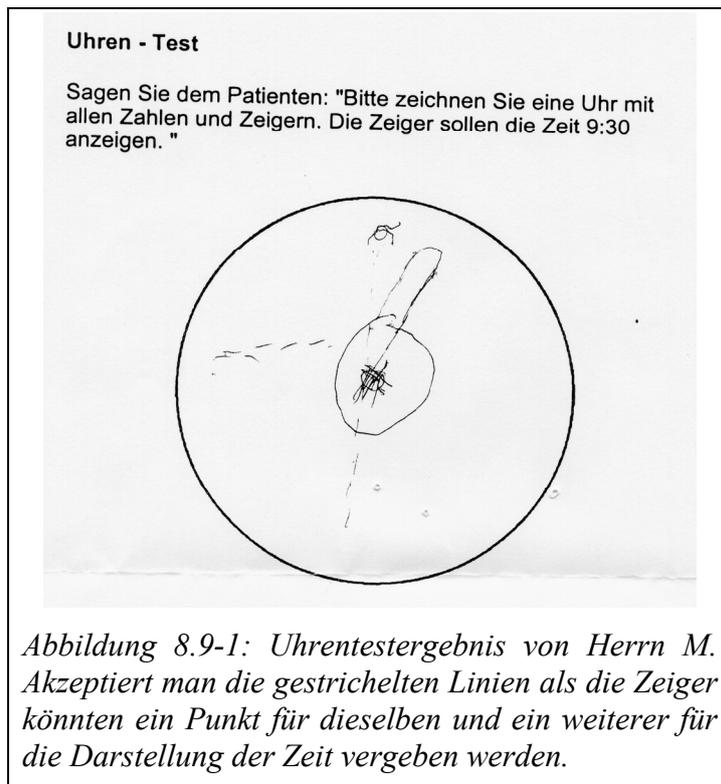
Anmerkungen. Zur Erläuterung der Prädiktoren und Kriterien s. Text. Bei fettgedruckten Werten lieferte ein entsprechender Chi-Quadrat-Test für Kontingenztafeln ein  $p < .100$ .

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die enormen Durchfallquoten am ART-2020 erwartungsgemäß mit einer sehr hohen Sensitivität, aber einer inakzeptablen Spezifität für Auffälligkeiten in der Fahrverhaltensprobe verbunden waren. So hätten die Hälfte der Patienten und zwei Drittel der gesunden Testfahrer, die in der Fahrverhaltensprobe völlig unauffällig fuhren, die Leistungstests selbst bei einem Vergleich mit der älteren Normstichprobe nicht bestanden. Dies ist als weiterer Beleg dafür zu werten, dass der Zusammenhang zwischen Test- und Fahrleistung durch die Fähigkeit zur Kompensation von krankheits- und/ oder altersbedingten Beeinträchtigungen moderiert wird.

## 8.9 Beschreibung zusätzlich untersuchter Sonderfälle

### 8.9.1 Demenz

Zwei Patienten wurden aufgrund eines auffälligen MMSE-Scores bzw. einer mutmaßlichen Demenz von der Auswertung ausgeschlossen. Einer der beiden (Herr M., 67 Jahre, Hoehn & Yahr 3 mit Tagesmüdigkeit) hatte einen MMSE-Score von 22 und im Uhrentest bestenfalls vier Punkte (s. Abbildung 8.9-1). Der zweite Patient (Herr R., 61 Jahre, Hoehn & Yahr 2 mit Tagesmüdigkeit) hatte einen MMSE-Score von 26, wobei leider keine Daten aus dem Uhrentest vorliegen. Da er ein Nootropikum einnahm, wurde er jedoch ohnehin wegen mutmaßlicher Demenz von der Auswertung ausgeschlossen.



Allein durch ihre Gesamtfehlerzahl in der Fahrverhaltensprobe fielen diese beiden Patienten mit über 100 Fehlern deutlich aus der Reihe (FVP1: 104 bzw. 121, FVP1a: 60.5 bzw. 73, FVP2: 91 bzw. 80).<sup>93</sup> Aber auch in der Art ihrer Fehler waren eindeutige und massive Unterschiede zur übrigen Stichprobe zu beobachten: So begingen diese Patienten zahlreiche Navigationsfehler und kollidierten mit anderen Verkehrsteilnehmern in dafür untypischen Situationen. Herr R. kam von der Fahrbahn ab und fand nicht mehr alleine auf die Straße zurück. Ebenso überfuhr er fast sämtliche Stopp-Schilder ohne anzuhalten. Herr M. fuhr dauerhaft rechts von der Fahrbahn und somit durch zahlreiche Begrenzungspfosten hindurch. Er kollidierte sowohl mit

stehenden Hindernissen als auch mit entgegenkommenden Fahrzeugen und schien dies nicht einmal zu bemerken.

Diese Leistungen spiegelten sich auch in ihrem allgemeinen Verhalten bei der Datenerhebung wider. Die Patienten waren kaum in der Lage, selbst einfachste Fragebogenverfahren ohne Hilfestellung zu beantworten. Bedenklich erschien ferner, dass den Patienten wohl auch die Fähigkeit der eigenen Leistungsbeurteilung völlig verloren gegangen war: So beurteilten sie ihre Leistungen in der Fahrverhaltensprobe als „mittel“ (Herr R.) bzw. „gut“ (Herr M.).

Die Testung am ART-2020 und die Vigilanzfahrt wurden nur bei Herrn M. durchgeführt. Die Vigilanzfahrt musste nach etwa 40 Minuten abgebrochen werden, in denen er bei einer mittleren Geschwindigkeit von 33km/h nur knapp 15km zurückgelegt hatte und laut Lidschlussdaten viermal eingeschlafen war.

<sup>93</sup> Vgl. Deskriptiva der untersuchten Stichprobe in FVP1: M=12.6, SD=9.8, Range 1.5-49.5.

Auch am ART-2020 hatte er massive Schwierigkeiten: Im GEMAT3 konnte er schon in der Instruktionsphase selbst ein Item kaum behalten und erzielte schließlich mit sieben Richtigen einen Altersprozentrang von 0. Der Q1 musste schon in der Instruktionsphase abgebrochen werden, da er sich nicht merken konnte, welche Tasten zu betätigen waren und auch gleiche und ungleiche Zeichen nicht voneinander unterscheiden konnte. Beim LL5 bearbeitete er insgesamt nur sechs Linien und erreichte damit einen Altersprozentrang von 1 (immerhin fünf davon konnte er aber richtig zuordnen, was einem Altersprozentrang von 17 entsprach). Beim TT15 hatte er drei Totalausfälle<sup>94</sup> und mit insgesamt 20 Richtigen einen Altersprozentrang von 7. Der MAT und der RST3 konnten aufgrund von Verständnisschwierigkeiten, der DR2 wegen zu großer motorischer Einschränkungen (extrem erhöhte Reaktionszeit) gar nicht durchgeführt werden.

Aufgrund der Erfahrungen mit Herrn M. wurde Herr R. zum zweiten Untersuchungstermin nicht mehr eingeladen. Allerdings liegen von ihm Beobachtungen aus dem Realverkehr vor, da ein Testleiter bei der Anfahrt zum IZVW zufällig hinter ihm fuhr. Er beschrieb sein Fahrverhalten wie folgt:

„Es zeigten sich starke Spurabweichungen sowohl auf der Landstrasse als auch in der Ortschaft. Auf der Landstraße fuhr der Fahrer auf der rechten Spur teils derart weit links, dass die Fahrer auf der linken Spur nicht wussten, ob er nun ausscheren werde oder nicht, und somit abbremsen mussten. Beim Abbiegen und in Kurven fuhr er extrem verlangsamt (Abfahrt B27 nach Veitshöchheim < 30km/h). Ferner hatte man den Eindruck, dass er den Rückspiegel kaum beachtete. So blieb er in der Einfahrt zum IZVW unvermittelt stehen, ohne zu bedenken, dass der nachfahrende Wagen ebenfalls einfahren wollte. Insgesamt wirkte er sehr unsicher.“

### 8.9.2 Fahren aufgegeben

Eine weitere, zusätzlich untersuchte Patientin (66 Jahre, Hoehn & Yahr 3 mit Tagesmüdigkeit), die das Fahren bereits aufgegeben hatte, schnitt mit 24.5 Fehlern in der FVP1 deutlich besser ab als die oben geschilderten Patienten. Unter Zeitdruck bzw. in der FVP2 hatte sie trotz eines Zeitgewinns von drei Minuten sogar nur 10 Fehler (20 Fehler in der FVP1a). Sie beging auch keine besonders auffälligen Fehlerarten. Kritisch war jedoch, dass sie selbst bei geringeren Fahrfehlern sehr leicht aus der Fassung geriet (aufgrund eines Abkommens von der Fahrbahn beim Linksabbiegen ist sie in Tränen ausgebrochen und musste die Fahrt unterbrechen), was ihren ohnehin sehr starken Tremor (s. Abbildung 8.9-2) unmittelbar verstärkte. Demzufolge wurden der Patientin vom Testleiter insgesamt „nicht unerhebliche Auffälligkeiten“ zugeschrieben. Zwar beurteilte sie ihre Leistung selbst als durchschnittlich, räumte aber dennoch schweren Herzens ein, dass „das Fahren keinen Sinn mehr hat“. Dass sie in der FVP2 deutlich besser abschnitt als in der FVP1a ist sicher darauf zurückzuführen, dass sie nun weniger aufgeregt war und sich an die Testsituation gewöhnt hatte.

Am ART-2020 erbrachte sie insgesamt durchschnittliche, teilweise sogar überdurchschnittliche Leistungen. Mit Ausnahme des Anteils an verzögert Richtigen in der schnellsten Phase des RST3 sowie bei den Entscheidungsfehlern und der Reaktionszeit im DR2 (nicht bei der Entscheidungszeit) erreichte sie in allen Parametern Altersprozenträge von mindestens 16. Insbesondere im GEMAT3 und im MAT schnitt sie sehr gut ab (Alterprozentrang 94 bzw. 81).

---

<sup>94</sup> D.h. er beantwortete bei drei Bildern alle drei Fragen falsch.

Die Vigilanzfahrt brach die Patientin nach 47 Minuten wegen starker Müdigkeit ab („Mir fallen die Augen zu!“). Bis dahin war sie im Mittel 52km/h gefahren, hatte eine Pause in Anspruch genommen und war nicht eingeschlafen, was insgesamt für eine sehr gute Selbsteinschätzung spricht.

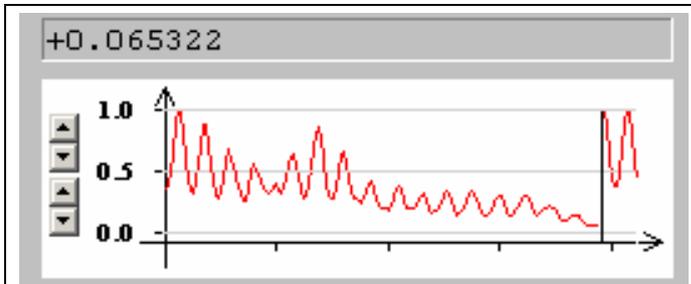


Abbildung 8.9-2: Bremsverhalten bei einer Patientin mit enormen Tremor, die das Fahren bereits aufgegeben hatte. Bei einem Wertebereich von 0 bis 1 entspricht der Wert 1 einer maximalen Betätigung des Bremspedals.

Zusammenfassend schienen bei dieser Patientin weniger tatsächliche Beeinträchtigungen auf der Leistungsebene als ihre starke emotionale Ansprechbarkeit und die damit sehr eng korrelierte Stärke ihres Tremors die entscheidenden Faktoren für ihre Fahrtauglichkeit zu sein. Interessant zu prüfen wäre hier, ob durch ein Stressbewältigungstraining im Rahmen einer Verhaltenstherapie zumindest eine beschränkte Fahrtauglichkeit hätte erhalten werden können.

## 8.10 Kritische Anmerkungen zur Fall-Kontroll-Studie

Kritisch an der vorliegenden Untersuchung ist zunächst die Repräsentativität der Stichprobe zu bewerten. Insbesondere bei der Vergleichsgruppe ist davon auszugehen, dass es sich - aufgrund von selbstselektiven Prozessen - um besonders gute Fahrer handelte, da die Untergruppe der älteren Fahrer des Testfahrerpanels am IZVW vorwiegend über eine Anzeige in der lokalen Tageszeitung MainPost rekrutiert wurde. Allgemein ist zu vermuten, dass es sich bei Personen, die sich für ein Testfahrerpanel eines Forschungsinstituts anmelden, um eine Positiv-Auslese handelt. Bei den Patienten war diese Gefahr etwas geringer, da diese hauptsächlich über die Ambulanz der Neurologischen Klinik Würzburg rekrutiert wurden und fast alle Patienten, die kontaktiert wurden und die Einschlusskriterien erfüllten, auch teilnahmen. Andererseits waren aufgrund des Einschlusskriteriums „aktive Verkehrsteilnahme“ sicher auch bei den Patienten selbstselektive Prozesse wirksam. Insgesamt wurde versucht, entsprechende Unterschiede zwischen ZG und VG durch das Matching ihrer Fahrerfahrung zu kontrollieren.

Des Weiteren könnte Anlass zur Kritik bieten, dass die Parkinson-Medikation nicht variiert wurde bzw. die Patienten nicht nach der Art ihrer Medikation geschichtet wurden. Dem ist allerdings entgegenzusetzen, dass sich die Medikation bei Parkinson-Patienten sehr häufig verändert (in der vorliegenden Studie betraf dies allein zwischen der Fahrverhaltensprobe und der Vigilanzfahrt acht Patienten), so dass die Beurteilung der Fahrtauglichkeit besser unabhängig von der Medikation erfolgen sollte. Dabei ist natürlich stets eine optimale medikamentöse Einstellung anzustreben.

Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass die in der Simulation realisierbaren Szenarien vorwiegend darauf angelegt waren, Tracking-Leistungen bzw. Beeinträchtigungen in der Querregelung zu erfassen. So konnten in der Fahrverhaltensprobe Fehler wegen Abkommens von der Fahrbahn quasi mit unendlicher Häufigkeit, Fehler auf der kontrollierten Ebene (z.B. beim Spurwechsel) nur sehr selten auftreten, da alterskritische Situationen wie komplexe Knotenpunkte

unterrepräsentiert waren und auch Stadtverkehr sowie Fußgänger zum damaligen Zeitpunkt noch nicht simuliert werden konnten. Somit ist der Parcours der Fahrverhaltensprobe als relativ leicht und eher altersfreundlich anzusehen. Zumindest konnten aber (mit Ausnahme des Verhaltens gegenüber Fußgängern) alle Fahrverhaltensvariablen, die zur Validierung des ART-2020 herangezogen wurden, erfasst werden. Ebenso traten fast alle Fehler der Kategorisierung nach Brenner-Hartmann (2002) mindestens einmal auf. Ausnahmen waren die Kategorie Ab1 (zu geringer Längsabstand innerorts) sowie die Kategorien Gf1 (Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern, da diese eben noch nicht simuliert werden konnten), Ko2 und Ko3 (Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern, welche in der Simulation bis dato ebenfalls nicht möglich war). Auch die Tatsache, dass keiner der Testfahrer den Parcours fehlerfrei bewältigte (Gesamtfehlerzahl in FVP1:  $M=12.6$ ,  $SD=9.8$ , Range 1.5-49.5, abzüglich Fb1-Fehler:  $M=6.76$ ,  $SD=4.68$ , Range 0.5-25) spricht dafür, dass er insgesamt von ausreichender Schwierigkeit war.

An den verwendeten Fehlerkategorien ist kritisch zu bewerten, dass bei Fehlern der Kategorie Gf2 (Gefährdung oder Behinderung anderer motorisierter Verkehrsteilnehmer) nicht immer eindeutig zu entscheiden war, ob diese vorwiegend aus einem Fehlverhalten bei psychomotorischen oder bei höheren kognitiven Prozessen resultierten (z.B. Gefährdung des benachrangten Verkehrs an Kreuzungen aufgrund von motorischer Verlangsamung beim Abbiegen oder eines mangelnden Situationsverständnisses?). Da demnach unter den (bei Parkinson-Patienten gehäuft beobachteten) Gefährdungsfehlern auch Entscheidungsfehler enthalten sind, ist hier nicht eindeutig zu klären, ob Letztere bei den Patienten tatsächlich nicht gehäuft auftraten. Festzuhalten ist in jedem Fall, dass Gefährdungsfehler sowohl auf Fehler in der Fahrzeugstabilisierung (z.B. Gefährdung des Gegenverkehrs aufgrund eines Abkommens von der Fahrbahn nach links) als auch auf Fehler bei höheren kognitiven Leistungen zurückgingen (z.B. Befahren einer Einbahnstraße in falscher Richtung).

Zu den Befunden am ART-2020 ist kritisch anzumerken, dass die Daten der Testfahrer - anders als die der Normstichprobe - nicht in der Ernstsituation erhoben wurden. So ist anzunehmen, dass bei der Eichstichprobe eine deutlich höhere Leistungsmotivation bestand, was möglicherweise die überhöhten Durchfallquoten erklären könnte. Dies ist aber eher für die VG als die ZG zu vermuten, da die Patienten aufgrund der Brisanz der Thematik extrem aufgeregt waren, was den Bedingungen der Ernstsituation sehr gut entspricht. Da aber auch die Testfahrer der VG (schon in den Instruktionsphasen) große Schwierigkeiten bei den Tests hatten, ist anzunehmen, dass ihre Leistungen in einer sehr stark emotional besetzten Ernstsituation kaum besser gewesen wären.

Altersbedingt ist eher von einer Benachteiligung der hier untersuchten Stichprobe auszugehen. So war die Subgruppe der über 50-jährigen deutlich älter ( $MD=62$  Jahre) als die Normstichproben 50+ (Bsp. GEMAT3:  $MD=56$  Jahre).

Beim Vergleich der Leistungen am ART-2020 mit den Leistungen in der Fahrverhaltensprobe ist einzuwenden, dass die Spurhaltung bei der Beurteilung der Fahrleistung zwar einen der wesentlichsten Faktoren darstellte, in der Leistungstestbatterie aber kein Tracking-Test enthalten war. Allerdings wird ein solcher in Anlage 5 der FeV auch nicht gefordert.

## 9 ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION

Die bisherigen empirischen Studien zur Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson liefern kein einheitliches Bild. Zwar zeigten sich stets Beeinträchtigungen im Fahrverhalten der Patienten, die Befunde bzgl. des Zusammenhangs zum Schweregrad der Erkrankung sind jedoch nicht eindeutig. Dennoch wird die Krankheitsschwere in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) als das wesentliche diagnostische Kriterium der Fahreignung aufgeführt. Seit dem Bericht von Schlafattacken durch Frucht (1999) wurde das Phänomen der Tagesmüdigkeit in der Fachliteratur als weiteres Kriterium diskutiert.

In der vorliegenden Arbeit wurde zunächst der Problemstand im Rahmen einer deutschlandweiten Fragebogen- und Interviewstudie, der sogenannten dPV-Befragung 2000, erhoben. Insgesamt wurden 12000 Fragebögen zu Tagesmüdigkeit, Medikation, Mobilitätsverhalten und Unfallbelastung an Mitglieder der dPV verschickt. Anschließend wurden fast 400 Telefoninterviews zu Verkehrsunfällen sowie Einschlafereignissen am Steuer durchgeführt.

Sowohl die außerordentliche Rücklaufquote von 63%, als auch freie Äußerungen der Patienten in den Fragebögen sowie im direkten Gespräch während der Interviews („Sollte man meinen Führerschein einziehen, würde für mich eine Welt zusammenbrechen!“) ließen erkennen, wie wichtig den Patienten Mobilität ist.

Andererseits wurde das Dilemma zwischen Sicherheitsanspruch der Gesellschaft und Mobilitätsbedürfnis der Patienten durch kritische Befunde deutlich belegt (s. dazu auch Körner et al., 2004, und Meindorfner et al., 2005). So war bei Parkinson-Patienten schon in jüngeren Jahren ein erhöhter Verursacheranteil bei Verkehrsunfällen zu beobachten. War ein Parkinson-Patient an einem Verkehrsunfall beteiligt, war er in 69% der Fälle auch selbst daran schuld. Bei der altersgleichen Gesamtbevölkerung war dieser Anteil mit 57% (Verkehrsunfälle mit Personenschaden 2002; Statistisches Bundesamt, 2003) deutlich geringer. Als signifikante Risikofaktoren konnten neben der (hier subjektiv erfassten) Krankheitsschwere erstmalig auch Tagesmüdigkeit und plötzliche Einschlafereignisse am Steuer identifiziert werden.

Ausführliche Analysen der Daten zu plötzlichen Einschlafereignissen sprachen aber insgesamt dafür, dass es sich bei solchen Einschlafereignissen nicht um „Schlafattacken“ i.S. eines eigenständigen, anfallsartigen Phänomens handelt. Vielmehr scheinen diese nur subjektiv als völlig unerwartet empfunden zu werden und vor dem Hintergrund einer dauerhaft erhöhten Tagesmüdigkeit zu geschehen. Diese stellt bei Parkinson-Patienten ein weit verbreitetes und multifaktoriell bedingtes Phänomen dar. Neben der dopaminergen Medikation konnten ein höheres Lebensalter, eine lange und (subjektiv) schwere Erkrankung, männliches Geschlecht und Schlafstörungen als signifikante Risikofaktoren für (diese subjektiv so erlebten) plötzlichen Einschlafereignisse identifiziert werden.

Basierend auf diesen Befunden wurde anschließend eine Fall-Kontroll-Studie im Würzburger Fahrsimulator durchgeführt, um den Einfluss motorischer (Krankheitsschwere) und aktivationaler (Tagesmüdigkeit) Beeinträchtigungen auf die Fahrleistung von Parkinson-Patienten prospektiv und im Vergleich zu gesunden Testfahrern zu untersuchen. Da der Fähigkeit zur Kompensation von erkrankungskorrelierten Beeinträchtigungen in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) eine erhebliche Bedeutung zugeschrieben wird, sollte zudem der Einsatz und der Nutzen kompensatorischer Bemühungen im Fahrverhalten geprüft werden.

24 Parkinson-Patienten (ZG) wurden mit 24 gesunden Personen (VG) in drei Fahrten im Fahrsimulator und anhand klassischer Testverfahren der Fahreignungsdiagnostik am ART-2020 verglichen. Die Patienten wurden nach Krankheitsschwere (Hoehn & Yahr-Stadien 1-3) und Tagesmüdigkeit (ja-nein) geschichtet. Bei Fahrt 1 handelte es sich um eine Fahrverhal-

tensprobe (FVP1), in der verschiedene Verkehrssituationen unterschiedlicher Schwierigkeit realisiert waren, Fahrt 2 (Vigilanzfahrt) stellte eine monotone Nachtfahrt dar. Der Einfluss von Kompensation wurde geprüft, indem ein Teil der Fahrt 1 (Fahrverhaltensprobe FVP1a) unter Zeitdruck wiederholt wurde (Fahrverhaltensprobe FVP2). In der Vigilanzfahrt wurden Kompensationsbemühungen vorwiegend durch die Inanspruchnahme frei wählbarer Pausen erfasst.

Im Folgenden sollen die Befunde dieser Arbeit zusammen mit dem Stand der Literatur im Hinblick auf

- (1) grundsätzliche Unterschiede zwischen gesunden Fahrern und Parkinson-Patienten,
- (2) den Zusammenhang zu motorischen, aktivationalen und kognitiven Beeinträchtigungen sowie
- (3) die Rolle von Selbsteinschätzung und Kompensation

diskutiert werden.

Nach einer Darstellung der sich daraus ergebenden Implikationen für die Diagnostik der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson wird schließlich ein Ausblick auf den weiteren Forschungs- und Handlungsbedarf gegeben.

## 9.1 Beeinträchtigungen in der Fahrleistung von Parkinson-Patienten

Die bisherigen empirischen Untersuchungen zur Fahrleistung von Parkinson-Patienten finden für ihre Unfallbelastung (Adler et al., 2000; Dubinsky et al., 1991), ihre Leistungen bei Fahrverhaltensproben im Realverkehr (Heikkilä et al., 1998; Wood et al., 2005), in der Fahrsimulation (Lings & Dupont, 1992; Madeley et al., 1990; Stolwyk et al., 2005; Zesiewicz et al., 2002) und in den psychometrischen Leistungstests der Fahreignungsdiagnostik (Heikkilä et al., 1998) deutliche krankheitskorrelierte Beeinträchtigungen.

Auch die dPV-Befragung fand für Parkinson-Patienten einen erhöhten Verursacheranteil bei Verkehrsunfällen (s. oben). Die Analyse der Art der Unfälle ergab keine besonderen Auffälligkeiten, wenn man von den krankheitstypischen Einschlafereignissen am Steuer absieht. So ereigneten sich die im Rahmen der Telefoninterviews beschriebenen Verkehrsunfälle von Parkinson-Patienten fast ausschließlich in typischen alterskritischen Situationen wie an Kreuzungen oder beim Einparken (97%), wobei meist weitere Verkehrsteilnehmer beteiligt waren (92%). Nur vereinzelt wurden Unfälle bedingt durch blockade-ähnliche Phänomene wie Freezing oder eine Start-Stopp-Hemmung berichtet. Dies passt sehr gut zu den Befunden der Fahrverhaltensproben von Wood et al. (2005), Radford et al. (2004) sowie Heikkilä et al. (1998), in welchen den Patienten insbesondere als alterssensitiv geltende Fahraufgaben Schwierigkeiten bereiteten (Durchfahren von Knotenpunkten, Spurwechsel, Rückwärts fahren, Einparken etc.).

Zudem wurden sowohl in Fahrverhaltensproben als auch in der Simulation Beeinträchtigungen in der Spurhaltung festgestellt (Madeley et al., 1990; Radford et al., 2004; Stolwyk et al., 2005; Wood et al., 2005). Allerdings gingen die in den Telefoninterviews der dPV-Befragung 2000 beschriebenen nicht-müdigkeitsbedingten Verkehrsunfälle nur in 3% der Fälle auf ein Abkommen von der Fahrbahn zurück, während es bei den geschilderten Einschlafereignissen am Steuer in 84% der Fälle zu einem Verlassen der Spur kam. Hier ist jedoch zu beachten, dass ein psychomotorisch bedingtes Be- oder Überfahren des Fahrbahnrandes sehr häufig auftreten kann, aber oft glimpflich ausgeht bzw. relativ selten mit Sach- oder Personenschäden verbunden ist und somit nicht als Unfall angesehen wird.

Auch die Fahrsimulations-Studie bestätigte zunächst das negative Bild zur Fahrleistung von Parkinson-Patienten. So erbrachten sie auch hier insgesamt signifikant schlechtere Leistungen als die gesunden Testfahrer.

Insbesondere hatten sie eine erhöhte Gesamtfehlerzahl in der Fahrverhaltensprobe (FVP1), die auf ein gehäuftes Auftreten von Fehlern wegen einer Behinderung oder Gefährdung anderer, einer stark verlangsamten Fahrweise, falsch/ nicht Blinkens und Abkommens von der Fahrbahn zurückging. In Übereinstimmung mit der Literatur wurden die Probleme der Patienten in der Querführung zudem durch Analysen der aufgezeichneten Fahrdaten (SDLP) bestätigt. Verstöße gegenüber Vorrangregeln, falsches Einordnen oder Navigationsfehler traten bei Parkinson-Patienten jedoch nicht häufiger auf als bei gesunden Testfahrern. Dass die Patienten damit - stärker als in der Literatur - vorwiegend in Stabilisierungsleistungen und weniger bei höheren kognitiven Leistungen beeinträchtigt waren, kann auch an der Konzeption der Strecke liegen, da komplexe Knotenpunkte nur selten vorkamen und Stadtverkehr im Würzburger Fahr Simulator zum damaligen Zeitpunkt noch nicht simulierbar war (s. dazu auch Abschnitt 8.10). Da aber auch gehäuft Fehler wegen einer Behinderung und Gefährdung anderer beobachtet wurden und diese zumindest teilweise auf Entscheidungsfehler an Knotenpunkten zurückgingen, deutet sich zumindest an, dass typische alterskritische Verkehrssituationen auch hier für Parkinson-Patienten besonders risikobehaftet waren.

Nahe liegend im Hinblick auf die Fahrleistung von Parkinson-Patienten ist die Hypothese einer verlangsamten Reaktionsfähigkeit. Während andere Arbeitsgruppen bei Untersuchungen in der Fahrsimulation dies ebenso nachweisen konnten wie ein gehäuftes Auftreten von Kollisionen und Defizite beim punktgenauen Bremsen (Lings & Dupont, 1992; Madeley et al., 1990; Stolwyk et al., 2005; Zesiewicz et al., 2002), fanden sich hier wider Erwarten keine entsprechenden Effekte.

Kollisionen traten in der ZG insgesamt nicht häufiger auf als in der VG und selbst bei einem provozierten plötzlichen Bremsmanöver reagierten die Patienten im Mittel nicht langsamer und kollidierten auch nicht häufiger mit dem Führungsfahrzeug als gesunde Testfahrer. Hier ist anzuführen, dass dieses Szenario des „Wilden Bremsers“ möglicherweise zu schwierig bzw. sein Bremsmanöver zu plötzlich und abrupt war, um zwischen den Versuchsgruppen differenzieren zu können. Allerdings ergab auch die Analyse verschiedener Parameter zur Längsführung bei einem relativ einfachen, antizipierbaren Bremsmanöver (Szenario „Hindernis“) im Mittel keine sicherheitskritischen Unterschiede zwischen ZG und VG. Anders als bei Stolwyk et al. (2005) verzögerten die Patienten ihre Geschwindigkeit (trotz ihrer geringeren Annäherungsgeschwindigkeit) nicht später als die VG und erreichten auch ihre Minimalgeschwindigkeit im Durchschnitt rechtzeitig. Gleichwohl fiel auf, dass es nur Patienten waren, die mit dem Pannenfahrzeug kollidierten oder extrem verzögert auf den „Wilden Bremser“ reagierten.

In der Vigilanzfahrt wurden schließlich die Neigung der Patienten zu einer verlangsamten Fahrweise und ihre Probleme in der Querführung nochmals bestätigt.

Insgesamt bestand eine sehr große interindividuelle Variabilität zwischen den Patienten, wobei die Testleiter nur bei 21% derart auffällige Beeinträchtigungen beobachteten, dass sie ihre Fahrtauglichkeit in Frage stellten. Im Vergleich zum Range der in anderen Arbeiten genannten Anteile (12% bis 56%) liegt diese Quote also im unteren Bereich. Die vergleichsweise hohen Durchfallraten von 56% bei Wood et al. (2005) bzw. 35% bei Heikkilä et al. (1998) können möglicherweise dadurch erklärt werden, dass in deren Stichproben auch Patienten mit einem MMSE-Score von bis zu 24 zugelassen waren, während hier ein Score von mindestens 27 als Einschlusskriterium galt. Andererseits geben zumindest Heikkilä explizit an, dass die Fahrleistung nicht mit dem MMSE korreliert war, während Wood et al. (2005) dazu keine Aussage machen (s. dazu auch Abschnitt 9.2). Die geringe Rate (12%) an unsicheren Fahrern bei Radford et al. (2004) ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass der Großteil ihrer

Patienten im eigenen Fahrzeug untersucht wurde, was die Testung für die Patienten sicher erleichterte. Die MMSE wurde von den Autoren leider nicht angewandt. Sicher hängt aber der Anteil an fahruntauglichen Personen stark vom gewählten Prüfparcours ab, so dass diese Quoten ohnehin nur bedingt vergleichbar erscheinen. Ein wie hier relativ einfacher, altersfreundlicher Parcours (s. dazu auch Abschnitt 8.10) wird immer eine geringere Durchfallrate liefern als ein Prüfparcours in einer Großstadt zur Rush-Hour.

Während Heikkilä et al. (1998), die eine ähnliche Leistungstestbatterie anwandten, vorwiegend eine defizitäre Informationsverarbeitung bei Parkinson-Patienten feststellten, erschienen die hier untersuchten Patienten am ART-2020 hauptsächlich motorisch verlangsamt. Dies ist möglicherweise auch durch den Ausschluss von Personen mit einem MMSE-Score von weniger als 27 zu erklären. So zeichneten sich die Patienten bei Heikkilä et al. durch eine besonders schlechte Leistung im GEMAT3 aus, während bei den hier untersuchten Patienten keine Defizite in den rein kognitiven Tests (GEMAT3, MAT) nachgewiesen werden konnten. Lediglich ein tendenzieller Unterschied zwischen ZG und VG im TT15 deutete auf eine verlangsamte Informationsverarbeitung i.S. einer Bradyphrenie hin. Allerdings fanden sich extreme Ausreißer im GEMAT3 sowie ein vorzeitiger, automatisierter Abbruch beim MAT nur in der ZG, nicht aber in der VG.

Anders als in der Fahrverhaltensprobe konnte also in den psychometrischen Tests sehr wohl eine verminderte Reaktionsfähigkeit der Patienten nachgewiesen werden. Dass diese Verlangsamung primär motorisch bedingt war, wurde v.a. dadurch unterstützt, dass die Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit beim DR2 vorwiegend auf die Bewegungszeit und weniger auf die Entscheidungszeit zurückgingen und sich schlechtere Leistungen der Patienten stets bei Tests mit einer motorischen Komponente (Tasten drücken) unter Zeitdruck zeigten. So wurde die Hypothese, dass die eigentlich kognitiven Verfahren LL5 und Q1 bei der ZG eher motorische Beeinträchtigungen erfassten, durch eine unterschiedliche faktorielle Struktur der Testparameter bei ZG und VG bestätigt: Die Anzahl bearbeiteter Items im LL5 und im Q1 luden bei der ZG auf einem Faktor „Motorik“, bei der VG hingegen auf den Faktoren „Aufmerksamkeit“ und „Kognition“. Da bei der ZG nur eine zweifaktorielle (Motorik, Kognition), bei der VG dagegen eine dreifaktorielle Lösung (Kognition, Motorik, Aufmerksamkeit) resultierte, schien die Testbatterie bei den gesunden Personen zudem ein differenzierteres Leistungsspektrum zu erfassen als bei den Patienten.

Erstaunlich war ferner, dass sich ZG und VG hinsichtlich ihrer Durchfallquoten in der Leistungstestbatterie kaum voneinander unterschieden. So waren diese selbst bei einem Vergleich mit der älteren Normstichprobe in beiden Gruppen extrem hoch (79% bzw. 71%), was wohl durch einen Deckeneffekt zu erklären ist: Die Tests - und dabei insbesondere der RST3 - waren für Personen dieser Altersgruppe schlichtweg zu schwierig. Kritischerweise wird aber gerade der RST3 als der aussagekräftigste bzw. valideste im Hinblick auf die Fahrleistung beschrieben (Bukasa & Piringer, 2001).

Die hohen Durchfallquoten waren erwartungsgemäß mit einer nahezu perfekten Sensitivität, aber einer völlig unzureichenden Spezifität im Hinblick auf das Testleiterurteil zu Auffälligkeiten in der Fahrverhaltensprobe verbunden. Diese stuften die Testleiter eben nur bei fünf Patienten und keinem gesunden Testfahrer als so stark ein, dass sie die Fahrtauglichkeit in Frage stellten.

**FAZIT:** In Übereinstimmung mit der Literatur waren bei den Patienten sowohl in der Fahrsimulation als auch in der Leistungstestbatterie substantielle Beeinträchtigungen nachweisbar. Die hohe interindividuelle Variabilität bestätigte aber einmal mehr die Notwendigkeit einer Beurteilung der Fahrtauglichkeit am Einzelfall.

## 9.2 Die Rolle motorischer, kognitiver und aktivationaler Beeinträchtigungen

Das Ausmaß der *motorischen Beeinträchtigung* gilt derzeit als das Hauptdiagnosekriterium bei der Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten (BASt, 2000, S. 33) - und dies obwohl die Befunde hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Schweregrad der Erkrankung und Fahrleistung sehr widersprüchlich sind. Während die Arbeitsgruppen um Adler (2000), Dubinsky (1991), Madeley (1990), Radford (2004) und Zesiewicz (2002) signifikante Korrelationen zur Krankheitsschwere nachweisen konnten, ist dies bei Lings und Dupont (1992), Wood et al. (2005) sowie Heikkilä et al. (1998) nicht gelungen.

Zwar wurde im Rahmen der dPV-Befragung sogar die subjektiv erfasste Krankheitsschwere als signifikanter Prädiktor für die Unfallbelastung der Patienten identifiziert, allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die hier berichteten Odds Ratios von etwa 1.5 doch als eher gering anzusehen sind.

Problematisch ist beim Vergleich der verschiedenen Studien, dass die Einschlusskriterien nicht einheitlich waren. So wurden bei den Fahrverhaltensproben (Heikkilä et al., 1998; Radford et al., 2004; Wood et al., 2005) - wie auch in der vorliegenden Fall-Kontroll-Studie - nur aktive Fahrer getestet, während in den Simulationsstudien (Lings & Dupont, 1992; Zesiewicz et al., 2002) auch Patienten untersucht wurden, die das Fahren bereits aufgegeben hatten.<sup>95</sup> Gleiches gilt für den Einschluss von (mutmaßlich) dementiellen Patienten. So wurde - wie bereits erläutert - in der vorliegenden Studie ein MMSE-Score von mindestens 27, bei Wood et al. (2005) dagegen nur ein Score von mindestens 24 vorausgesetzt. Die Autoren der übrigen Studien formulierten diesbezüglich keine expliziten Kriterien. Dies ist auch insofern problematisch, als der Entschluss, das Fahren aufzugeben und auch das Vorliegen von dementiellen Beeinträchtigungen mit der Krankheitsschwere bzw. der Erkrankungsdauer assoziiert sind (Lachenmeyer, 2004; Meindorfner et al., 2005).

Ebenso ist an den vorangegangenen Studien kritisch zu bewerten, dass der Einfluss der Krankheitsschwere entweder nur innerhalb der Patienten oder durch einen Vergleich mit der gesamten Kontrollgruppe geprüft wurde. Dies könnte eine Konfundierung mit Drittvariablen zur Folge haben, weil u.a. Krankheitsschwere, Erkrankungsdauer und Alter naturgemäß interkorrelieren (Krüger et al., 2002). Da in der vorliegenden Studie aber primär die Frage geklärt werden sollte, welche der hier untersuchten Subgruppen von Patienten sich von gesunden Testfahrern mit gleichem Alter, gleichem Geschlecht und gleicher Fahrerfahrung unterscheiden, wurde nicht der Unterschied zwischen den Patientengruppen, sondern der Unterschied zur jeweiligen Subgruppe der VG untersucht. Wenn eine solche Auswertungsstrategie nicht angewandt wird, sollte zumindest eine Konfundierung mit relevanten Drittvariablen explizit ausgeschlossen werden, was aber wohl in keiner der genannten Studien geschah.

Trotz der unterschiedlichen Einschlusskriterien und der abweichenden Auswertungsstrategie können die vorliegenden Ergebnisse der Fall-Kontroll-Studie die widersprüchlichen Befunde zum Einfluss der Krankheitsschwere auf die Fahrleistung sehr gut erklären. Dieser scheint nämlich sehr stark von der Art der betrachteten abhängigen Variablen und auch von der Art, der Dauer und der Schwierigkeit der Fahraufgabe abhängig zu sein.

---

<sup>95</sup> Madeley et al. (1990) untersuchten zwar ebenfalls Patienten, die das Fahren aufgegeben hatten, lieferten aber für beide Gruppen eine getrennte Auswertung. Bei Lings und Dupont (1992) wurden sogar Patienten aufgenommen, die noch nie gefahren waren, wobei die Autoren angeben, dass Analysen ohne diese Patienten zu den gleichen Befunden führten.

So bestand kein signifikanter Einfluss der Krankheitsschwere auf die Gesamtfehlerzahl in der Fahrverhaltensprobe (FVP1). Auffälligkeiten im Fahrverhalten<sup>96</sup> waren dagegen häufiger in den Stadien 2 und 3 als im Stadium 1 zu beobachten, wobei sich die Stadien 2 und 3 diesbezüglich nur deskriptiv voneinander unterschieden (keinem der Patienten im Stadium 1, aber zwei der Patienten im Stadium 2 sowie drei der Patienten im Stadium 3 wurden so erhebliche Auffälligkeiten im Fahrverhalten attestiert, dass ihre Fahrtauglichkeit in Frage gestellt wurde). Fehler wegen einer Gefährdung oder Behinderung anderer traten dagegen im Hoehn & Yahr-Stadium 2 besonders häufig auf.

Ein deutlicher Einfluss der Krankheitsschwere konnte nur für die Querregelung festgestellt werden. So war ein gehäuftes Auftreten von Fehlern wegen Abkommens von der Fahrbahn in der Fahrverhaltensprobe (FVP1) erst im Hoehn & Yahr-Stadium 3 inferenzstatistisch abzuschätzen. Dass dieser Zusammenhang stark von der Art und Dauer der Fahraufgabe moderiert wurde, ließ die Betrachtung der SDLP in verschiedenen Fahrsituationen erkennen.

So war diese im Szenario „Freie Fahrt“ der Fahrverhaltensprobe ohne Zeitdruck erst im Stadium 3 signifikant erhöht, in der „Freien Fahrt“ unter Zeitdruck sowie in der Vigilanzfahrt schon im Stadium 2. In der „Scharfen Kurve“ der Fahrverhaltensprobe ergab sich dagegen auch für das Hoehn & Yahr-Stadium 1 eine erhöhte SDLP, während sich im „Slalom“ selbst ZG und VG nicht mehr voneinander unterschieden. Mit zunehmender Aufgabenschwierigkeit verschwanden also zunächst die Unterschiede zwischen den Schweregraden und schließlich auch der Unterschied zu den gesunden Testfahrern, was möglicherweise durch einen Deckeneffekt zu erklären ist.

Dass auch die Dauer der Aufgabe einen wichtigen Moderator darstellt, wurde durch die Vigilanzfahrt bestätigt: So erlitten die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 3 einen besonders deutlichen Leistungsabfall im Abkommen von der Fahrbahn nach rechts. Dies schlug sich auch dahingehend nieder, dass sie in einem zusammenfassenden Spurindex besonders schlecht abschnitten.

Die Bedeutung der Aufgabenschwierigkeit wurde ferner durch die Daten zur Reaktionsfähigkeit am ART-2020 gestützt. So war der Anteil an verzögerten Reaktionen in der langsamen Phase des RST3 erst ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2, in der mittelschnellen Phase aber bei allen Patienten erhöht. In der schnellsten Phase bestand schließlich auch zwischen ZG und VG nur noch ein tendenzieller Unterschied. Ein ähnliches Muster zeigte sich für die Anzahl ausgelassener Signale im RST3. Da dieser Test auch den gesunden Testfahrern sehr große Schwierigkeiten bereitete, kann hier ebenfalls ein Deckeneffekt vermutet werden.

Der Befund, dass sich ein Einfluss der Krankheitsschwere eher bei leichten motorischen Aufgaben zeigte, wurde schließlich auch durch die Bewegungszeit bei der sehr einfachen Wahlreaktionsaufgabe des DR2 bestätigt. So war diese nur in den Stadien 2 und 3, nicht aber im Stadium 1 höher als in der jeweiligen VG, wobei sich die Stadien 2 und 3 wiederum nicht bedeutsam voneinander unterschieden. Deskriptiv schnitten die Patienten des Stadiums 2 sogar schlechter ab als die Patienten des Stadiums 3.

Die Reaktionszeit auf den „Wilden Bremser“ in der Fahrverhaltensprobe korrelierte weder mit der Reaktionszeit im DR2 noch mit der Krankheitsschwere, was wiederum dafür spricht, dass es sich bei diesem Szenario um eine sehr schwierige Aufgabe handelte, zumal sich die Patienten hier insgesamt nicht von den gesunden Fahrern unterschieden (s. Abschnitt 9.1).

Die Befunde zum Einfluss der Krankheitsschwere auf Reaktionszeit und Spurhaltung stehen damit sehr gut im Einklang mit Madeley et al. (1990), welche entsprechende Zusammenhänge

---

<sup>96</sup> Gemeint ist das 3-kategoriale Testleiterurteil zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten (keine vs. vereinzelte vs. nicht unerhebliche/ schwerwiegende).

bei offensichtlich leichten Aufgaben in einem eher einfach konzipierten Simulator fanden.<sup>97</sup> Dass hingegen Stolwyk et al. (2005) in ihrer etwas komplexeren Simulation (halber Ford mit 90cm Monitor) keine Korrelation zwischen dem Schweregrad der Parkinson-Erkrankung (UPDRS) und der Spurhaltung der Patienten beim Durchfahren von Kurven fanden, lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass es sich um relativ scharfe Kurven handelte. Mit einer Krümmung von  $0.004\text{m}^{-1}$  bzw.  $0.012\text{m}^{-1}$  waren diese deutlich schwerer als die sanften Kurven im Szenario „Freie Fahrt“ ( $0.001\text{m}^{-1}$ ) in der hier durchgeführten Fahrverhaltensprobe.

Der mangelnde Einfluss der Krankheitsschwere bei der Gesamtfehlerzahl spiegelte sehr gut den mangelnden Zusammenhang zwischen der Krankheitsschwere und den Fahrsicherheitsratings bei Heikkilä et al. (1998) sowie bei Wood et al. (2005) wider. Ergänzend soll hier darauf hingewiesen werden, dass zusätzlich berechnete Korrelationen (im Ergebnisteil nicht dargestellt) zeigten, dass die Gesamtfehlerzahl bei der FVP1 - in Übereinstimmung mit Heikkilä et al. (1998) - weder mit der UPDRS ( $r=.244$ ,  $p=.250$ ), noch - und damit abweichend von Wood et al. (2005) - mit der Erkrankungsdauer assoziiert war ( $r=.272$ ,  $p=.198$ ).

Dass das abschließende Testleiterurteil ein gehäuftes Auftreten von Auffälligkeiten für die Hoehn & Yahr-Stadien 2 und 3 ergab, ist wohl auch dadurch zu erklären, dass die Güte der Spurhaltung in der Simulation online angezeigt wurde und daher für die Testleiter sehr gut einzuschätzen war. Ferner konnten - wie bereits erläutert - Fehler wegen Abkommens von der Fahrbahn in nahezu unbegrenzter Häufigkeit auftreten, während Fehler anderer Arten aufgrund der Gestaltung der Strecke eher selten vorkamen (s. Abschnitt 8.10). Demzufolge ist davon auszugehen, dass das abschließende Testleiterurteil in besonderem Maß von der Güte der Spurhaltung bestimmt wurde, welche wiederum mit dem Schweregrad der Erkrankung assoziiert war. Insgesamt passt der Befund, dass die abschließenden Testleiterurteile in den Stadien 2 und 3 negativer ausfielen gut zu dem Ergebnis von Radford et al. (2004), bei denen die Patienten ebenfalls durch eine schlechte Spurhaltung auffielen und die als unsicher eingestuft Fahrer (entsprechend der Webster-Skala) stärker motorisch beeinträchtigt waren als sichere Fahrer.

Alles in allem konnten also durch die vorliegenden Daten die widersprüchlichen Befunde der Literatur aufgeklärt werden: Je nach betrachtetem Parameter wurden sowohl die Befunde bestätigt, bei denen sich ein Zusammenhang zwischen Krankheitsschwere und Fahrleistung zeigte, als auch jene, bei denen ein solcher nicht nachweisbar war. Insbesondere ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2 scheinen wichtige moderierende Faktoren auf den Zusammenhang zwischen Schweregrad und Fahrleistung zu wirken, die wohl mindestens genauso bedeutsam sind wie die Krankheitsschwere selbst.

In der Fahrsimulations-Studie von Zesiewicz et al. (2002) hatten 20% der Kontrollgruppe sowie der Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 1, 56% der Patienten im Stadium 2, 90% der Patienten im Stadium 3 und 100% der Patienten im Stadium 4 mindestens eine Kollision. Lachenmeyer (2004) folgert daraus, dass „Fahreignung bei Hoehn & Yahr 3 und 4 sicher nicht mehr vorhanden ist“. Dieser Schlussfolgerung muss deutlich widersprochen werden, da eine Gleichsetzung von Kollisionen in der Fahrsimulation mit Fahruntauglichkeit als völlig unzulässig anzusehen ist. Zum einen wurden die Situationen, in denen es zu Kollisionen kam, ebenso wie die Kollisionen selbst nicht genauer spezifiziert bzw. definiert. Gerade in der Simulation können Situationen von sehr hoher Schwierigkeit gestaltet und demzufolge sehr hohe Kollisionsraten ausgelöst werden, die nicht ohne Weiteres auf die Fähigkeiten des Fahrers zu attribuieren sind. So sind in der vorliegenden Untersuchung 38% der VG mit dem „Wilden Bremser“ kollidiert, was sicher nicht die Anzweiflung ihrer Fahrtauglichkeit rechtfertigt. Zum

---

<sup>97</sup> „The driving simulator is a device run by a microcomputer, which involves two tasks being performed simultaneously. These are steering (using a steering wheel) and responding to a change in colour traffic lights on the display by pressing the accelerator and brake foot pedals as appropriate“ (Madeley et al., 1990, S. 580).

anderen ist es eben - wie eingehend erläutert - nicht in allen Untersuchungen gelungen, einen signifikanten Einfluss der Krankheitschwere nachzuweisen.

Durch die vorliegenden Daten ist ein Kriterium „fahruntauglich ab dem Stadium 3“ keinesfalls zu rechtfertigen. Wie schon von Dubinsky et al. (1991) betont, waren einige Patienten auch im Stadium 3 noch in der Lage, eine zufriedenstellende Fahrleistung zu erbringen. Abgesehen von der Spurhaltung fanden sich in der überwiegenden Mehrheit der Analysen auch keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Stadien 2 und 3. Lediglich die Patienten des Stadiums 1 fielen relativ häufig durch unauffällige Leistungen auf.

Auch hinsichtlich der Rolle von *kognitiven Beeinträchtigungen* liefert die gegenwärtige Literatur kein einheitliches Bild. Während Dubinsky et al. (1991) ein erhöhtes Unfallrisiko für Patienten mit einem MMSE-Score unter 27 und auch Zesiewicz et al. (2002) zumindest eine tendenzielle, wenn auch geringe Korrelation ( $r=.30$ ) zwischen der MMSE und der Anzahl von Kollisionen fanden, erwies sich der MMSE-Score bei Adler et al. (2000) nicht als signifikanter Prädiktor für die Unfallbelastung der Patienten. Ebenso konnten Heikkilä et al. (1998) keinen Zusammenhang zwischen kognitiven Beeinträchtigungen (MMSE, GEMAT3) und Fahrleistung nachweisen. Gleiches gilt für Radford et al. (2004), wobei hier keine Daten zur MMSE, dafür aber zu deutlich differenzierteren neuropsychologischen Verfahren vorliegen. Schließlich fanden auch Worryingham et al. (2006) nur für einen von vier kognitiven Tests (Zahlen-Symbol-Test) einen signifikanten, aber mäßigen Zusammenhang zur Fahrleistung ( $r=.46$ ).

Die Daten der vorliegenden Fall-Kontroll-Studie wiesen zunächst auf einen untergeordneten Einfluss von kognitiven Beeinträchtigungen hin. So fanden sich - trotz deutlicher Unterschiede in der Fahrleistung - in den rein kognitiven Parametern der Testbatterie am ART-2020 kaum Unterschiede zwischen ZG und VG. Die Patienten schnitten weder im GEMAT3 noch im MAT (Anzahl Richtige) schlechter ab als gesunde Testfahrer. Ebenso wenig neigten sie in den übrigen Tests zu einer erhöhten Fehlerrate. Lediglich eine tendenziell geringere Anzahl richtiger Lösungen im TT15 sprach für kognitive Defizite auf Seiten der Patienten, wobei dieser Unterschied deskriptiv nur schwach ausgeprägt war. Darüber hinaus konnte auch in der Fahrverhaltensprobe kein Unterschied zwischen ZG und VG hinsichtlich ihren Fehlern bei höheren kognitiven Leistungen nachgewiesen werden - wobei hier wiederum unklar ist, inwiefern dies durch die Gestaltung der Strecke bedingt war und inwiefern kognitive Defizite ursächlich für die bei den Patienten gehäuft beobachteten Gefährdungsfehler waren (s. dazu Abschnitt 8.10).

Dennoch sprechen vereinzelte Befunde und Beobachtungen für einen nicht unerheblichen Einfluss kognitiver Fähigkeiten: So wurde bei vier Patienten (aber keinem gesunden Testfahrer) der MAT nach Ablauf von 15 Minuten abgebrochen, obwohl noch nicht alle 15 Items bearbeitet worden waren. Da alle vier im Hinblick auf die Anzahl richtiger Lösungen immerhin Altersprozenträge von mindestens 27 erreichten, ist wiederum eher von einer Verlangsamung als von qualitativen kognitiven Defiziten auszugehen. Erstaunlich war aber, dass alle vier Patienten in der Fahrverhaltensprobe als „erheblich auffällig“ beurteilt wurden. Der fünfte kritische Patient, dem nicht nur „erhebliche“, sondern sogar „schwerwiegende“ Auffälligkeiten attestiert wurden, erhielt dieses Urteil nicht aufgrund von kognitiven, sondern aufgrund von massiven aktivationalen Beeinträchtigungen: Er war der einzige, der in der Fahrverhaltensprobe eingeschlafen war, und dies sogar mehrfach.

Darüber hinaus wiesen die Erfahrungen mit den mutmaßlich dementiellen Patienten, die zusätzlich untersucht wurden (s. Abschnitt 8.9.1), auf einen erheblichen Einfluss kognitiver Beeinträchtigungen hin. Insbesondere zeigten die erschreckenden Leistungen dieser Patienten, dass eine Untersuchung von dementiellen Patienten in der Fahrsimulation schier unmöglich ist. Sie legen aber ohnehin nahe, dass bei dementiellen Parkinson-Patienten keine Fahreignung mehr gegeben ist.

Insgesamt bestätigten die vorliegenden Daten, dass zumindest starke kognitive Defizite bzw. dementielle Beeinträchtigungen die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten erheblich beeinträchtigen. Aufgrund der unterschiedlichen Einschlusskriterien bzw. der unterschiedlichen Minima im MMSE erscheint ein Vergleich mit anderen Studien aber schwierig. Im Hinblick auf den Einfluss von leichten, nicht-dementiellen kognitiven Dysfunktionen erlauben die Befunde der Literatur aber ebenso wenig eine abgesicherte Aussage wie die vorliegenden Daten. Zu empfehlen wäre, nicht-demente Patienten mit und ohne kognitive(n) Defizite(n) bei einer Schichtung nach Krankheitsschwere im Vergleich zu einer gematchten Kontrollgruppe zu untersuchen - analog dem Vorgehen, das hier für die Untersuchung der Tagesmüdigkeit gewählt wurde.

Prävalenzschätzungen für Einschlafereignisse am Steuer variieren für Parkinson-Patienten zwischen 1% und 28% (Hobson et al., 2002; Meindorfner et al., 2005; Ondo et al., 2001; Paus et al., 2003; Schlesinger & Ravin, 2003; Tan et al., 2002). Abgesehen von der eingangs berichteten Pilotstudie von Möller et al. (2002), bei der leider keine Kontrollgruppe untersucht wurde, hatte man den Einfluss von *Tagesmüdigkeit* auf die Fahrleistung bis dato noch nicht gezielt untersucht. Erstmals konnten im Rahmen der dPV-Befragung 2000 Tagesmüdigkeit und plötzliche Einschlafereignisse als signifikante Risikofaktoren für die Verursachung von Verkehrsunfällen bei M. Parkinson identifiziert werden. Insbesondere für Einschlafereignisse am Steuer resultierten mit Werten von über 3 signifikante und deutlich erhöhte Odds Ratios. Dieser Befund war der Anlass, Tagesmüdigkeit in der anschließenden Fall-Kontroll-Studie als zusätzliche Schichtungsvariable zu untersuchen.

Tatsächlich konnten so auch bedeutsame Einflüsse der Tagesmüdigkeit auf die Fahrleistung nachgewiesen werden. Erwartungsgemäß betraf dies primär die Vigilanzfahrt. So schienen die für Parkinson-Patienten typischen Probleme in der Querführung durch Tagsmüdigkeit noch verstärkt zu werden. Zum einen nahmen ihre Beeinträchtigungen im Verlauf der Fahrt in besonderem Maße zu: Wie die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 3 kamen auch die tagesmüden Patienten am Ende der Fahrt vermehrt von der Fahrbahn ab. Zum anderen schien das Auftreten besonders kritischer Fahrfehler (Abkommen nach links bei Gegenverkehr) mit Tagesmüdigkeit assoziiert zu sein. Bei einer Betrachtung der gesamten Fahrt lieferte der zusammenfassende Spurindex einen weiteren Beleg für die beeinträchtigende Wirkung von Tagesmüdigkeit auf die Querführung. Dabei nahm aber der Einfluss der Tagesmüdigkeit mit zunehmendem Schweregrad ab. Er bestand signifikant im Stadium 1, noch fast tendenziell im Stadium 2, aber nicht mehr im Stadium 3.

Erstaunlicherweise konnte für die tagesmüden Patienten jedoch weder eine schlechtere Leistung in der Nebenaufgabe noch ein gehäuftes Einschlafen nachgewiesen werden, was unter 9.4 noch genauer diskutiert werden soll.

Während die Tagesmüdigkeit in der Leistungstestbatterie gar keine bedeutsame Rolle spielte, waren in der Fahrverhaltensprobe zumindest vereinzelte Effekte zu beobachten. Zwar wirkte sie sich nicht auf die Gesamtfehlerzahl aus, dennoch wiesen die Daten darauf hin, dass die für die Patienten typischen Fehler (Abkommen von der Fahrbahn, Fehler wegen einer Behinderung oder Gefährdung anderer, Blinkfehler) im Falle von Tagesmüdigkeit etwas häufiger auftraten. Dies schlug sich auch im abschließenden Testleiterurteil dahingehend nieder, dass den tagesmüden Patienten in besonderem Maße Auffälligkeiten im Fahrverhalten attestiert wurden. Besonders zu erwähnen ist natürlich auch der Patient (Hoehn & Yahr 3 mit Tagesmüdigkeit), der sogar in dieser abwechslungsreichen Fahrt mehrfach eingeschlafen war.

**FAZIT:** Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit hatten zwar auf einige Parameter der Fahrleistung einen signifikanten Einfluss, insgesamt konnten diese Merkmale die Fahrtauglichkeit aber nicht zufriedenstellend vorhersagen. Neben der Art des betrachteten Parameters wirkten zudem die Schwierigkeit und die Dauer der Aufgabe als entscheidende Moderatoren. Alles in allem waren zwar im Hoehn & Yahr-Stadium 1 (ohne Tagesmüdigkeit) überwiegend unauffällige Leistungen zu beobachten, die Unterschiede zwischen den Stadien 2 und 3 beschränkten sich aber auf die Spurhaltung. Während die Rolle nicht-dementieller kognitiver Beeinträchtigungen einer weiteren Klärung bedarf, ist davon auszugehen, dass eine Demenz die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten sicher ausschließt.

### 9.3 Selbsteinschätzung

In der Literatur besteht Einigkeit darüber, dass die Selbsteinschätzung der eigenen Leistung kein adäquates Kriterium zur Beurteilung der tatsächlichen Fahrleistung von Parkinson-Patienten darstellt (Heikkilä et al., 1998; Wood et al., 2005; Zesiewicz et al., 2002).

Auch in der vorliegenden Untersuchung erwies sich die Selbsteinschätzung nicht als geeignetes Kriterium zur Beurteilung der objektiven Fahrleistung. Trotz ihrer deutlichen Beeinträchtigungen stuften die Patienten ihre Leistung - wie die gesunden Testfahrer - in allen drei Fahrten als „mittel“ bis „gut“ ein. Die laut Testleiterurteil erheblich auffälligen Patienten räumten allenfalls für die Fahrverhaltensprobe unter Zeitdruck eine etwas schlechtere Leistung ein als die übrigen Testfahrer. Trotzdem wählten drei der fünf auf der Rating-Skala zur subjektiven Leistungsgüte noch die Kategorie „mittel“.

Wie auch bei Wood et al. (2005) wurde die Fahrverhaltensprobe ohne Zeitdruck von den Patienten (trotz ihrer schlechteren Leistung) nicht als schwieriger empfunden. Dies galt aber nicht für die Fahrverhaltensprobe mit Zeitdruck: Hier räumten sie eine höhere Schwierigkeit ein als die VG. Ebenso empfanden sie die Vigilanzfahrt als schwieriger und beanspruchender. Auch wenn sich also Variationen in der objektiven Leistung sowie in der Aufgabenschwierigkeit nur unzureichend in der subjektiven Leistungsgüte abbildeten, spiegelten sich diese zumindest auf der Ebene der wahrgenommenen Schwierigkeit und Beanspruchung wider.

Anders als bei der subjektiven Leistungsbeurteilung waren die Patienten den gesunden Testfahrern bei der Beurteilung ihres Zustandes bzw. ihrer Müdigkeit in der Vigilanzfahrt deutlich überlegen. So hatten alle Patienten, die in der Vigilanzfahrt eingeschlafen waren, mindestens einmal eingeräumt, dass ein Einschlafereignis „wahrscheinlich“ oder sogar „sehr wahrscheinlich“ sei, während dies keiner der „Schläfer“ in der VG zugab. Vor allem aber der Befund, dass es den Patienten (vermutlich durch eine gehäufte Inanspruchnahme von Pausen, s. nächster Abschnitt) gelungen war, nicht häufiger einzuschlafen als gesunde Testfahrer, spricht für eine adäquate subjektive Beurteilung der eigenen Müdigkeit und auch für einen verantwortungsbewussten Umgang mit aktivationalen Beeinträchtigungen.

Insgesamt weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass Maßnahmen zur (weiteren) Förderung der Wahrnehmung von Müdigkeit und Müdigkeitssymptomen im Kontext der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson als äußerst sinnvoll anzusehen sind. Vor allem aber lässt der Befund, dass die Patienten sehr gut in der Lage waren, ihren eigenen *Zustand* zu beurteilen, auch Maßnahmen zur Verbesserung der Beurteilung ihrer eigenen *Leistung* vielversprechend erscheinen. Insbesondere gilt es dabei, den Patienten zunächst ihre Probleme beim Fahren bewusst zu machen. Nicht zuletzt ist die gute Zustandseinschätzung der Patienten vielleicht auch darauf zurückzuführen, dass bei ihnen durch die Diskussion um „Schlafattacken“ am Steuer ein enormes Problembewusstsein geschaffen wurde.

**FAZIT:** Die Selbsteinschätzung der eigenen Leistung ist bei Parkinson-Patienten kritisch zu bewerten. Zumindest bildeten sich aber Variationen in der Belastung bzw. der Einsatz provokativer Methoden (Zeitdruck, extreme Monotonie) auf der Ebene der subjektiven Beanspruchung und der wahrgenommenen Schwierigkeit ab. Bei der Beurteilung des eigenen Zustands waren die Patienten der VG sogar überlegen. Maßnahmen zur Förderung eines angemessenen Problembewusstseins für krankheitskorrelierte Beeinträchtigungen erscheinen daher vielversprechend.

## 9.4 Kompensation

Schon die Befragungsdaten von Ritter und Steinberg (1979), aber auch die jüngeren Untersuchungen von Dubinsky et al. (1990) und Adler et al. (2000) wiesen auf kompensatorische Bemühungen im Fahrverhalten von Parkinson-Patienten hin. Zudem ergaben die Studien in der Fahrsimulation von Lings und Dupont (1992) sowie von Stolwyk et al. (2005) eine langsamere Fahrweise von Parkinson-Patienten im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen, was sich i.S. einer taktischen Kompensation interpretieren lässt.

Erstmalig wurden aber in der vorliegenden Fall-Kontroll-Studie sowohl der Einsatz als auch der Nutzen kompensatorischer Bemühungen im Fahrverhalten von Parkinson-Patienten direkt geprüft und klar belegt. Bei der Fahrverhaltensprobe gelang dies v.a. durch die Einführung der Bedingung „Zeitdruck“, bei der Vigilanzfahrt v.a. durch die Option der 3-Minuten-Pausen. Der bereits unter Abschnitt 4.3 zitierten, sehr drastisch formulierten Aussage von Wood et al. (2005) „It is unrealistic to expect individuals, particularly those with PD, to be aware that their driving is becoming unsafe and to adopt compensatory behaviours.“ (S. 180) kann aufgrund der vorliegenden Befunde glücklicherweise und guten Gewissens widersprochen werden. Ebenso kann die von Stolwyk et al. (2005) formulierte Frage, „whether adjustments of on-road behavior made by people with PD are effective in reducing on road safety risk“ (S. 855) klar bejaht werden.

In der Fahrverhaltensprobe betrafen die kompensatorischen Bemühungen insbesondere die Ebene der Fahrzeugstabilisierung, aber auch die taktische Ebene. So durchfuhren die Patienten die Strecken signifikant langsamer als die VG, wobei auch ein enormes Streben nach hohen Sicherheitsabständen bzw. eine nahezu strikte Vermeidung von Situationen des Folgefahrens ersichtlich wurden. Zudem nutzten die Patienten signifikant seltener Möglichkeiten zum Überholen.

Insbesondere lieferte aber der Vergleich der Fahrten mit und ohne Zeitdruck einen deutlichen und v.a. *direkten* Nachweis für Kompensation. Obwohl die ZG auch die Strecke unter Zeitdruck signifikant langsamer durchfuhr als die VG, bewirkte der Zeitdruck bei ihnen einen höheren Zeitgewinn, der auch mit einem höheren Fehlerzuwachs verbunden war. Passend zu ihren Schwierigkeiten in der Fahrt ohne Zeitdruck, war dies hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass sich die Querführung bei den Patienten durch die Kompensationserschwerung stärker verschlechterte als bei den gesunden Testfahrern. Insbesondere betraf dies die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2. So waren diese ohne Zeitdruck eher mit den Patienten im Stadium 1, in der Fahrt mit Zeitdruck eher mit den Patienten im Stadium 3 vergleichbar. Vor allem bei einer mittleren Erkrankungsschwere scheint somit ein erhebliches Maß an Kompensation stattzufinden und als Moderator auf den Zusammenhang zwischen Krankheitsschwere und Fahrleistung zu wirken. Diese Vermutung kann auch durch verschiedene nachträgliche korrelative Berechnungen (im Ergebnisteil nicht dargestellt) gestützt werden. So korrelierte die Gesamtfehlerzahl in der FVP1a weder mit dem Hoehn & Yahr Stadium (Kendall-Tau  $r=.248$ ,  $p=.137$ ), noch mit dem UPDRS III - Score (Pearson  $r=.175$ ,  $p=.413$ ) oder der Erkrankungsdauer (Pearson  $r=.222$ ,  $p=.298$ ). Für die Gesamtfehlerzahl in der FVP2 fanden sich hin-

gegen signifikante Korrelationen mit allen drei Parametern (Hoehn & Yahr:  $r=.358$ ,  $p=.030$ ; UPDRS III:  $r=.451$ ,  $p=.027$ ; Erkrankungsdauer:  $r=.404$ ,  $p=.050$ ). Ebenso war auch der Fehlerzuwachs zumindest mit dem UPDRS III - Score in statistisch bedeutsamem Maße assoziiert ( $r=.438$ ,  $p=.032$ ). Dass dieser Zusammenhang auf die Beeinträchtigungen in der Querführung zurückging, wurde durch ein ähnliches Muster bei den entsprechenden Korrelationen mit der Anzahl von Fb1-Fehlern (Abkommen von der Fahrbahn) ersichtlich (Hoehn & Yahr FVP1a:  $r=.174$ ,  $p=.300$  vs. FVP2:  $r=.370$ ,  $p=.026$ ; UPDRS III FVP1a:  $r=.174$ ,  $p=.300$  vs. FVP2:  $r=.370$ ,  $p=.026$ ; Erkrankungsdauer FVP1a:  $r=.140$ ,  $p=.514$  vs. FVP2:  $r=.316$ ,  $p=.132$ ; Fehlerzuwachs - UPDRS III:  $r=.499$ ,  $p=.013$ ). Nur bei einer Verhinderung der taktischen Kompensation über die Geschwindigkeit waren also die Beeinträchtigungen in der Querführung mit dem Schweregrad der Erkrankung korreliert.

Im Hinblick auf die übrigen Fehlerkategorien wirkte sich die Kompensationserschwerung bei ZG und VG kaum unterschiedlich aus. Fehler aufgrund einer stark verlangsamten Fahrweise nahmen nur bei der ZG ab, da solche bereits ohne Zeitdruck bei der VG nicht aufgetreten waren. Geschwindigkeitsübertretungen nahmen dagegen bei ZG und VG in gleichem Maße zu. Auch die Kollisionsrate stieg insgesamt an. Auffällig war, dass die Kollisionsrate bei Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 in besonderem Maße zunahm und dass dies (neben den tagesmüden Patienten) genau die Patienten waren, die sich besonders gegen ein Folgefahren sträubten.

Da die übrigen Fehlerarten, wie bereits erläutert, sehr selten auftreten konnten<sup>98</sup>, bleibt unklar, ob der mangelnde Nachweis einer Wirkung auf höhere kognitive Leistungen dadurch bedingt war oder ob diese durch den Zeitdruck tatsächlich nicht beeinflusst wurden.

Die Kompensationserschwerung war aber auch auf physiologischer und subjektiver Ebene nachweisbar: So zeigte sich bei den Patienten in der Fahrt unter Zeitdruck kein Abfall der Herzrate - im Gegensatz zur VG, bei der dieser vermutlich eine Habituation an die Testsituation ausdrückte. Auch davon waren die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 in besonderem Maße betroffen.

Auf subjektiver Ebene äußerte sich die Kompensationserschwerung - wie bereits oben diskutiert - dadurch, dass die Patienten die Fahrt mit Zeitdruck (nicht aber die Fahrt ohne Zeitdruck) signifikant schwieriger einstufen als die gesunden Testfahrer.

Schließlich konnte der Einsatz und die Wirksamkeit kompensatorischer Strategien im Fahrverhalten von Parkinson-Patienten auch auf der aktivationalen Ebene nachgewiesen werden. Hier ist der wesentlichste Befund, dass die Patienten in der Vigilanzfahrt - selbst bei Tagesmüdigkeit - nicht häufiger einschließen als die gesunden Testfahrer. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit dadurch zu erklären, dass die Patienten signifikant häufiger die optionalen 3-Minuten Pausen nutzten, was in besonderem Maße für die tagesmüden Patienten, aber auch für die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 galt. Hier ist zudem darauf hinzuweisen, dass sich genau diese Gruppen bereits vor der Fahrt müder fühlten als ihre VG.

Über den Zusammenhang zwischen Pausen und Time-on-Task-Effekten auf der Leistungsebene bzw. die Wirkung der Pausen können hier nur Mutmaßungen angestellt werden, da die Pausen primär als Verhaltensmaß für einen verantwortungsbewussten Umgang mit Müdigkeit eingeführt wurden. Eine Untersuchung ihrer Effizienz im Hinblick auf Müdigkeit oder Leistungsverschlechterungen wurde dagegen nicht angestrebt. Demzufolge waren die Pausen auch nicht in einer Weise gestaltet, bei der langfristig eine positive Wirkung zu erwarten gewesen

---

<sup>98</sup> Dies betraf die FVP1a bzw. die FVP2 noch stärker als die FVP1. Bei der Gestaltung der Strecken hatte man sich dafür entschieden, nur die erste Hälfte der FVP1 (in der die komplexen Knotenpunkte, Ampelkreuzungen und der Stau nicht enthalten waren) unter Zeitdruck zu wiederholen. Ein Grund dafür war, dass der Zeitdruck in diesen Situationen vermutlich mehr und heftigere Brems- und Beschleunigungsmanöver sowie ein sehr schnelles Abbiegen bedingt hätte und aus diesem Grund eine erhöhte Anfälligkeit für Simulator Sickness befürchtet wurde.

wäre. Dazu hätte man sicher gestatten müssen, das Fahrzeug während der Pause zu verlassen. Zudem stellen so gestaltete Pausen (ohne die Möglichkeit, sich zu bewegen) im Hinblick auf eine im Verlauf der Fahrt zunehmende Steifigkeit bei Parkinson-Patienten natürlich kaum eine wirksame Gegenmaßnahme dar. Dies wurde auch von einigen Patienten explizit angemerkt.

Während - wie bereits erläutert - Pausen gehäuft bei Tagesmüdigkeit und im Stadium 2 in Anspruch genommen wurden, zeigte sich eine besonders beeinträchtigende Wirkung der Fahrt auf der Leistungsebene (Time-on-Task-Effekte in der Querführung) bei Tagesmüdigkeit und im Hoehn & Yahr-Stadium 3 (Abkommen rechts). Demzufolge reagierten zwar die Patienten mit Tagesmüdigkeit adäquat auf ihren Leistungsabfall, nicht aber die Patienten im Stadium 3 ohne Tagesmüdigkeit, welche die Option der Pausen gar nicht nutzten.<sup>99</sup> Dies muss aber wohl darauf zurückgeführt werden, dass die Pausen eben eher als kurzfristiges Mittel zur Verhinderung von Einschlafereignissen und weniger als Maßnahme zur Verbesserung der Fahrleistung angesehen wurden. Bei den Patienten im Stadium 2 und den tagesmüden Patienten wurde das gehäufte Pausieren möglicherweise durch deren bereits vor dem Versuch stärker vorhandene subjektive Müdigkeit veranlasst. Inwiefern bei Ersteren durch das gehäufte Pausieren ein potentiell stärkerer Leistungsabfall verhindert wurde, kann anhand der vorliegenden Daten leider nicht geklärt werden. Bei den tagesmüden Patienten gelang dies in jedem Fall nicht - trotz der gehäuften Pausen konnten sie einen deutlichen Leistungsabfall in der Querregelung nicht verhindern.

Neben den Pausen wiesen in der Vigilanzfahrt aber auch die Befunde zur Längsführung und zur Nebenaufgabe auf kompensatorische Bemühungen der Parkinson-Patienten hin.

So präferierte die ZG am Ende der Fahrt eine geringere Geschwindigkeit und einen größeren Abstand zum Führungsfahrzeug, während die VG eher schneller wurde und den Abstand zum Führungsfahrzeug verminderte. Diese Effekte erreichten ein statistisch bedeutsames Niveau, obwohl durch das Verhalten des Führungsfahrzeugs der minimale Abstand auf 70m und die maximale Geschwindigkeit auf 80km/h festgelegt waren. Es ist zu vermuten, dass - bei freier Wahl von Geschwindigkeit und Abstand - die VG ihre Geschwindigkeit und die ZG ihren Abstand noch weiter erhöht hätten.

Bei der Nebenaufgabe fielen die Patienten dadurch auf, dass sie diese im Verlauf der Fahrt oft gar nicht mehr bearbeiteten. Da die Fahraufgabe in der Instruktion eindeutig als Primäraufgabe deklariert wurde, kann dieses Missachten der Nebenaufgabe aber auch als Regulation der eigenen Beanspruchung und damit i.S. einer Kompensation verstanden werden.

Insgesamt gab es schwache inferenzstatistische Hinweise dafür, dass die geringere Geschwindigkeit sowie das Missachten der Nebenaufgabe in besonderem Maße die Patienten im Hoehn & Yahr-Stadium 2 betrafen. Dies könnte deren vergleichsweise geringen Leistungsabfall in der Querregelung vielleicht besser erklären als das gehäufte Pausieren.

Alles in allem wirkte die Vigilanzfahrt also zumindest bei leichter erkrankten Patienten (Hoehn & Yahr-Stadien 1 bis 2) ohne Tagesmüdigkeit nicht stärker beeinträchtigend auf die Querregelung als bei ihren VG. Dies geschah vermutlich durch eine Kompensation über die Längsregelung sowie auf Kosten der Nebenaufgabe. Lediglich bei den Patienten mit Tagesmüdigkeit und im Hoehn & Yahr-Stadium 3 gelang diese Kompensation nicht und ein deutlicher Leistungsabfall (Abkommen rechts) wurde manifest.

Im Sinne der Definition von Kompensation nach Salthouse (1990, zitiert nach Hakamies-Blomqvist, 1994<sup>100</sup>) bestätigte schließlich der Vergleich der Testleiterurteile in der Fahrver-

---

<sup>99</sup> Lediglich einer von vier Patienten brach die Fahrt vorzeitig ab - allerdings ohne vorher die Möglichkeit einer Pause in Anspruch zu nehmen.

<sup>100</sup> „The concept of compensation in applied gerontology refers to the fact that the age-bound deterioration of different functions, repeatedly observed in laboratory experiments does not affect performance in everyday activities as much as one could expect“ (Salthouse, 1990, zitiert nach Hakamies-Blomqvist, 1994, S. 107).

haltensprobe mit den Leistungen am ART-2020, dass nicht nur die Patienten, sondern auch die gesunden Testfahrer höheren Alters kompensatorische Anstrengungen einbrachten. So zeigten sich in ihrem Fahrverhalten deutlich geringere Auffälligkeiten als man aufgrund ihrer Defizite in der Testbatterie erwartet hätte.

**FAZIT:** Die Daten belegen deutlich den Einsatz und auch den Nutzen kompensatorischer Bemühungen im Fahrverhalten von Parkinson-Patienten. Diese Fähigkeit zur Kompensation von krankheitskorrelierten Beeinträchtigungen ist bei der Beurteilung ihrer Fahrtauglichkeit als mindestens genauso bedeutsam zu erachten wie die Beeinträchtigungen selbst. Insbesondere ab dem Hoehn & Yahr-Stadium 2 scheint die Kompensationsfähigkeit eine entscheidende Rolle zu spielen. Beim Umgang mit Müdigkeit bzw. aktivationalen Beeinträchtigungen erwiesen sich die Patienten als so kompetent (adäquat gesetzte Pausen), dass kein gehäuftes Einschlafen beobachtbar war.

## 9.5 Implikationen für die Diagnostik von Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson

Die hohe Variabilität der vorliegenden Daten bestätigte einmal mehr, dass die Beurteilung der Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten am Einzelfall geschehen muss. Dazu sind objektive Kriterien nötig, die eine valide Beurteilung erlauben und fahrtaugliche von nicht fahrtauglichen Patienten zuverlässig unterscheiden. Die gängigen Skalen zur Krankheitsschwere scheinen dazu aber ebenso wenig geeignet wie die eingeführten psychometrischen Testverfahren der Fahreignungsdiagnostik.

Da die Befunde den Einfluss von Kompensation auf die Fahrleistung der Patienten klar belegten, ist v.a. kritisch zu bewerten, dass die Testverfahren genau diese Fähigkeit nicht erfassen. Ein adäquate Diagnostik der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson sollte sich (wie auch bei anderen Krankheitsbildern und dem älteren Kraftfahrer im Allgemeinen) nicht nur auf die Erfassung von erkrankungs- bzw. alterskorrelierten Defiziten konzentrieren, sondern auch das individuelle Kompensationspotential abschätzen. Diese Forderung wurde zumindest für den älteren Fahrer auch schon von DeRaedt und Ponjaert-Kristofferson (2000) geäußert.<sup>101</sup>

Die herkömmlichen diagnostischen Verfahren erscheinen aber speziell bei neurologischen Krankheitsbildern mit Beeinträchtigungen der Motorik auch deswegen unangemessen, weil sie nicht ausreichend zwischen motorischen und kognitiven Komponenten trennen. So sollten die Tests in jedem Fall derart modifiziert werden, dass eine Konfundierung von Beeinträchtigungen der Verarbeitung mit solchen der Motorik kontrolliert wird. Insbesondere betrifft dies Verfahren wie den LL5 oder den Q1, bei denen primär kognitive Aspekte erfasst werden sollen, aber die entsprechenden Leistungsparameter auch von motorischen Komponenten abhängig sind (schnelles Drücken einer Taste).

Insgesamt ist die diagnostische Relevanz dieser Verfahren für die Klientel „Ältere Fahrer“ auch deswegen kritisch zu bewerten, weil sie selbst den gesunden Testfahrern enorme Schwierigkeiten bereiteten - obgleich ihre Leistungen in der Simulation keinen Anlass dafür boten, ihre Fahrtauglichkeit anzuzweifeln. Insbesondere der RST3, der als besonders aussagekräftig gilt, erwies sich für die hier untersuchte Stichprobe als äußerst schwierig. Dies wird auch von Bukasa und Wenninger selbst eingeräumt, indem sie ein hohes Lebensalter (über 65 Jahre) explizit als „Störfaktor“ beim RST3 benennen (Bukasa & Wenninger, 2001e, S. 17). Sie empfehlen hier eine milde Interpretation der Testrohwerte und fordern den unbedingten Bezug auf die altersspezifischen Prozentränge. Da aber in der vorliegenden Studie selbst dann

---

<sup>101</sup> „It would therefore be advisable to include an evaluation of compensatory abilities in fitness-to-drive assessment procedures“ (S. 521).

enorm hohe Durchfallquoten resultierten, sind eine Vereinfachung der Testverfahren und/oder eine Anpassung der Normkriterien dringend anzuraten.

So ist einerseits zu empfehlen, altersgerechte Versionen der Testverfahren zu entwickeln und andererseits die Prozentranggrenze von 16 kritisch zu überdenken. Dabei erscheint das Kriterium, dass ein solcher in keinem der betrachteten Parameter unterschritten werden darf, grundsätzlich als fragwürdig, da die Wahrscheinlichkeit für ein Unterschreiten mit der Anzahl betrachteter Parameter naturgemäß ansteigt.

Darüber hinaus sollte der Anteil an hochbetagten Personen in der Eichstichprobe deutlich erhöht werden. So waren zum Zeitpunkt der Datenerhebung der vorliegenden Fall-Kontroll-Studie nur etwa 600 bis 700 Personen in der Normstichprobe älter als 65 (bei MAT und GEMAT3 sogar weniger als 150 bzw. 50). Zwar waren diese Zahlen beim Update zum ART-2020 aus dem Jahr 2004 mit 800 bis 900 (bei MAT und GEMAT3 zumindest über 300 bzw. 100) schon deutlich höher, sie erfüllten aber bei weitem nicht die von Bukasa und Utzelmann (in Vorbereitung) genannte Voraussetzung von mehreren Tausend (s. dazu Abschnitt 2.3.2).

Wie die vorliegende Studie haben schon mehrere kontrollierte Untersuchungen gezeigt, dass neuropsychologische Leistungstests das praktische Fahrverhalten von neurologischen Patienten und Senioren nur unzureichend prognostizieren und die testpsychologischen Daten oft schlechter ausfallen als die tatsächliche Fahrleistung in einer Fahrverhaltensprobe (Burgard, 2005; Niemann & Döhner, 1999, zitiert nach Hartje, 2004; Korteling & Kaptein, 1996, Mazer et al., 1998, van Zomeren et al., 1988, jeweils zitiert nach Wolbers et al., 2001).

Und auch die Prozentranggrenze von 16 wurde bereits von anderen Autoren kritisch hinterfragt (Golz et al., 2004; Hartje, 2004; Zangemeister & Hökendorf, 2000). Beispielsweise hatte das Bestehen der (üblicherweise bei der MPU verwendeten) Tests in der Studie von Zangemeister (2000) mit einer relativ heterogenen Gruppe neurologischer Patienten (Hirnfarkt, -blutung, -tumor, Schädel-Hirn-Trauma etc.) keine diagnostische Bedeutung für die bei einer Fahrprobe vergebene Note. Hartje (2004) bezeichnet die Definition der Mindestanforderungen an die Testleistungen als willkürlich und betont, dass sie im Hinblick auf Fahreignung bisher nicht empirisch belegt sind. Schließlich kritisieren Golz et al. (2004) die in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung (BASt, 2000) formulierten Mindestanforderungen in grundsätzlicher Weise, indem sie anführen, dass

- eine Begründung für die Festlegung der Prozentranggrenzen fehlt und nicht auf wissenschaftlichen Befunden beruht,
- unklar bleibt, ob die bei psychologischen Testverfahren übliche Anwendung von Vertrauens- bzw. Konfidenzintervallen vorgesehen ist,
- der Einsatz und die Berechnung altersunabhängiger Normen kritisch zu diskutieren ist,
- unklar bleibt, welche und wie viele Verfahren eingesetzt werden sollen, ebenso wie ihre Gewichtung und die Auswahl kritischer Parameter.

Diesen Kritikpunkten kann basierend auf den vorliegenden Befunden ohne Einschränkung zugestimmt werden.

Insgesamt ist also dringend zu empfehlen, die Kriterien für die Diagnose der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson neu zu definieren. Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich vorstrukturieren, wie eine solche Diagnose künftig aussehen könnte, wobei die einzelnen Schritte natürlich noch empirisch abzusichern wären.

In jedem Fall ist zunächst das Vorliegen einer Demenz auszuschließen. Liegt zusätzlich zur Parkinson-Erkrankung eine Demenz zweifelsfrei vor, ist höchstwahrscheinlich keine Fahrtauglichkeit mehr gegeben. Zumindest wiesen darauf die Erfahrungen hin, die in der vorliegenden Studie mit zwei Patienten gemacht wurden, welche trotz auffälliger MMSE-Scores

zusätzlich untersucht wurden (s. Abschnitt 8.9). So kann in Übereinstimmung mit Borromei et al. (1999) die MMSE als wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson angesehen werden. Dabei ist aber zu überlegen, den von ihnen geforderten Minimalwert von 25 Punkten auf 27 Punkte zu erhöhen und bei 25 oder 26 Punkten zur Absicherung ein weiteres Verfahren (z.B. Uhrentest von Shulman et al., 1986) durchzuführen. Grundsätzlich wäre jedoch zu prüfen, ob hier anstelle der MMSE nicht auf ein etwas differenzierteres Screeningverfahren, wie z.B. das SIDAM<sup>102</sup> (Zaudig et al., 1989), zurückgegriffen werden sollte.

Als zweites Entscheidungskriterium sind die motorischen Beeinträchtigungen - aber unter Berücksichtigung der individuellen Kompensationsfähigkeit heranzuziehen. Während beim Hoehn & Yahr-Stadium 1 noch nicht von nennenswerten Beeinträchtigungen auszugehen ist, wird der Zusammenhang zwischen Fahrleistung und Krankheitsschwere ab dem Stadium 2 in entscheidender Weise durch die Kompensationsfähigkeit moderiert. Das heißt, ob sich die stärkeren motorischen Beeinträchtigungen dann tatsächlich in einer schlechteren Fahrleistung niederschlagen, hängt im Wesentlichen davon ab, ob die Patienten entsprechende kompensatorische Strategien (erfolgreich) einsetzen oder nicht. Die Fahrtauglichkeit kann somit zum einen bei geringer Ausprägung der Krankheitsschwere (Hoehn & Yahr Stadium 1), aber auch bei einer weiter fortgeschrittenen Erkrankung mit erfolgreicher Kompensation der Beeinträchtigungen noch als gegeben angesehen werden. Zur Erfassung der Kompensationsfähigkeit scheint eine wie hier realisierte provokative Methode (Verhinderung einer taktischen Kompensation durch Zeitdruck) empfehlenswert.

Ähnliches gilt für die Tagesmüdigkeit. So sind vermutlich auch hier adäquate kompensatorische Strategien von höherer diagnostischer Relevanz als die (aktivationalen) Beeinträchtigungen selbst. Wiederum bieten sich provokative Verfahren - wie hier realisiert durch eine Fahrt unter extremer Monotonie - an.

Ingesamt gilt es, durch derartige provokative Methoden Bedingungen zu schaffen, welche die erkrankungskorrelierten Beeinträchtigungen gezielt auslösen oder verstärken. Die Leistung unter solchen provokativen Bedingungen bzw. der Leistungsvergleich mit und ohne eine solche Provokation erlaubt es, das Kompensationspotential der Patienten und die sicherheitskritische Relevanz ihrer Beeinträchtigungen abzuschätzen. Dabei ist in Würdigung des einzelnen Patienten anzustreben, nicht nur von einer uneingeschränkten bzw. nicht vorhandenen Fahrtauglichkeit auszugehen, sondern vermehrt von der Möglichkeit einer beschränkten Fahrtauglichkeit Gebrauch zu machen.

Da eine solche „provokative Diagnostik“ freilich nicht im Realverkehr erfolgen kann, bietet sich die Fahrsimulation als Methode der Wahl an. Nur hier können entsprechende Szenarien gefahrlos und unter kontrollierten Bedingungen gestaltet werden.

Neben den reinen Leistungsvariablen sollten aber als weitere Kriterien auch die Einsicht in die eigenen Beeinträchtigungen, die Bereitschaft zur Kompensation, die Fähigkeit zur Selbstkritik sowie das Verantwortungsbewusstsein der Patienten durch geeignete Fragebogenverfahren erfasst und in der Exploration geprüft werden.

Abschließend soll sich der Forderung von Mayer (2001) angeschlossen werden, dass die Beurteilung der Fahrtauglichkeit bei Erkrankungen oder Verletzungen des Nervensystems nicht beim TÜV stattfinden sollte, sondern im Rahmen von Klinikaufenthalten oder Rehabilitationsmaßnahmen durch Ärzte und Psychologen mit entsprechenden verkehrsmedizinisch-psychologischen Fachkenntnissen erfolgen sollte.

---

<sup>102</sup> Strukturiertes Interview für die Diagnose der Demenz vom Alzheimer-Typ, der Multiinfarkt- (oder vaskulären) Demenz und Demenzen anderer Ätiologie nach DSM-III-R, DSM-IV und ICD 10.

## 9.6 Ausblick

Die Befunde der Studie belegen, dass der Zusammenhang zwischen Fahrleistung und erkrankungskorrelierten Beeinträchtigungen auf entscheidende Weise durch die Fähigkeit zur Kompensation moderiert wird. Deshalb darf Fahrtauglichkeit nicht als statische Größe aufgefasst werden. Sie kann durch geeignete Trainingsmaßnahmen erhalten und sogar verbessert werden. Neben der Entwicklung einer (provokativen) Diagnostik ist die Implementierung von entsprechenden Trainingsmaßnahmen zu fordern. Insbesondere sollte die Trainierbarkeit von Kompensationsfähigkeit ein zentrales Thema künftiger Studien darstellen. Auch hier eröffnen neuere Konzepte der Fahrsimulation vielversprechende Möglichkeiten, wobei die Vorteile v.a. in der freien Gestaltbarkeit von Szenarien und in der Möglichkeit eines adaptiven, kundenbezogenen Vorgehens liegen (Krüger, Grein & Kaufner, 2005): So kann eine zu durchzufahrende Übungsstrecke online auf die Bedürfnisse und Defizite des individuellen Klienten abgestimmt werden, kritische Situationen können gezielt hergestellt und so oft durchfahren werden, bis ein bestimmtes Lernziel erreicht wird. Ein Training von Kompensationsfähigkeit erscheint ferner auch deswegen Erfolg versprechend, weil sich in der Fahrsimulations-Studie zeigte, dass die Patienten taktische Kompensationsbemühungen in ihrem Fahrverhalten zwar effizient einsetzten, sich aber dessen kaum bewusst waren.

Grundsätzlich sollte also ein Fahrtraining für Parkinson-Patienten auf eine Verbesserung der Selbsteinschätzung, die Vermittlung von Wissen über und die Einübung von kompensatorischen Strategien abzielen. Inhaltlich wären dazu mehrere Komponenten vorzuschlagen:

- (1) In einem ersten Schritt sollten anhand einer Fahrverhaltensprobe die individuellen Schwächen heraus gearbeitet werden. Ziel sollte sein, zunächst einmal ein Bewusstsein für die eigenen Probleme zu schaffen und die Selbsteinschätzung zu verbessern. Hier wäre auch die Vermittlung von theoretischem Wissen über mögliche kompensatorische Strategien anzusiedeln.
- (2) Praktische Übungen sollten bevorzugt in einem Fahrsimulator stattfinden. Im Rahmen eines adaptiven Vorgehens sollten individuell kritische Situationen zusammen mit der Anwendung der unter (1) vermittelten kompensatorischen Strategien trainiert werden. Hinsichtlich der für die Patienten typischen Defizite in der Querführung sind zudem Fahrübungen im Realfahrzeug, aber auch technische Möglichkeiten (wie Assistenzsysteme zur Spurhaltung) zu erwägen.
- (3) Im Hinblick auf die Problematik der Tagesmüdigkeit sollte die Beurteilung des eigenen Zustands (weiter) geschult werden (z.B. durch Aufklärung über Müdigkeitssymptome, den Verlauf von Müdigkeit, die Wirksamkeit verschiedener Gegenmaßnahmen usw.).
- (4) Je nach den Bedingungen, die der Einzelfall gebietet, sind zusätzlich verhaltenstherapeutische Maßnahmen der Symptom- und/ oder Stressbewältigung zu empfehlen.

Es gilt, dem Mobilitätsbedürfnis der Patienten, dem Sicherheitsbedürfnis der Gesellschaft und dem daraus resultierenden Dilemma in einer *kreativen* Weise gerecht zu werden. Dabei ist im Einklang mit DeRaedt und Ponjaert-Kristoffersen (2000)<sup>103</sup> zu wünschen, dass der Schwerpunkt des Interesses nicht mehr so sehr auf der bloßen Identifikation und Prädiktion alters- und erkrankungskorrelierter Defizite liegen wird, sondern verstärkt Konzepte zum Erhalt und zur Förderung von Fahrtauglichkeit thematisiert werden. Deutlich herauszustellen ist, dass dies sicher nicht nur für Parkinson-Patienten, sondern auch für zahlreiche andere Krankheitsbilder und den älteren Fahrer im Allgemeinen indiziert ist.

---

<sup>103</sup> „Neuropsychological screening procedures need a broader perspective to prevent over-emphasis on unidimensional screening procedures focusing mainly on deficits and less on capacities for safe driving behaviour“ (S. 21).

## 10 LITERATURVERZEICHNIS

- Aarsland, D., Andersen, K., Larsen, J.P., Lolk, A. & Kragh-Sorensen, P. (2003). Prevalence and characteristics of dementia in Parkinson's disease. *Archives of Neurology*, 60, 387-392.
- Adler, G., Rottunda, S., Bauer, M. & Kuskowski, M. (2000). The older driver with Parkinson's disease. *Journal of Gerontological Social Work*, 34 (2), 39-49.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (1994). *Multivariate Analysemethoden*. Berlin: Springer.
- Barthelmess, W. (1974). Zur Methodik der Fahrprobe. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 20, 46-57.
- Barthelmess, W. (1972). *Analyse des Fahrverhaltens von Anfängern*. Dissertation, Universität München.
- Berg, M. (1997). Testverfahren mit differentieller Gültigkeit: Innovation für die Leistungsdiagnostik - auch in der Verkehrspsychologie. In B. Schlag (Hrsg.), *Fortschritte der Verkehrspsychologie 1996* (S. 71-78). Bonn: Deutscher Psychologen Verlag.
- Berg, M. & Schubert, W. (1999). Das thematische Testsystem „Corporal“ zur Erfassung von Funktionen der Aufmerksamkeit. Innovation für die verkehrspsychologische Diagnostik. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 45 (2), 74-81.
- Bernotat, R. (1970). Anthropotechnik in der Fahrzeugführung. *Ergonomics* 13, 353-377.
- Borromei, A., Caramelli, R., Chieregatti, G., d'Orsi, U., Guerra, L., Lozito, A. & Vargiu, B. (1999). Ability and fitness to drive of Parkinson's disease patients. *Functional Neurology*, 14 (4), 227-234.
- Braak, H., Del Tredici, K., Rüb, U., de Vos, R. A. I., Jansen Steur, E. N. H. & Braak, E. (2003). Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. *Neurobiology of Aging*, 24, 197-211.
- Brenner-Hartmann, J. (2002). Durchführung standardisierter Fahrverhaltensbeobachtungen im Rahmen der medizinisch-psychologischen Untersuchung (MPU). *Vortrag beim 38. BDP-Kongress für Verkehrspsychologie in Regensburg, 2002*. Verfügbar unter [http://www.bdp-verkehr.de/backstage2/ver/documentpool/kongress/brenner\\_01.pdf](http://www.bdp-verkehr.de/backstage2/ver/documentpool/kongress/brenner_01.pdf) (24.8.06).
- Brenner-Hartmann, J. & Bukasa, B. (2001). Psychologische Leistungsüberprüfung bei der Fahreignungsbegutachtung. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 1 (47), 1-8.
- Bortz, J. & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin: Springer.
- Buchardt, I., Eggersmann, A. & Steiner, J. (2005). Die Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung im rechtlichen Gefüge des Fahrerlaubnisrechts - Einleitung. In W. Schubert, W. Schneider, W. Eisenmenger & E. Stephan (Hrsg.), *Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung - Kommentar* (S. 29). Bonn: Kirschbaum-Verlag.
- Bukasa, B., Christ, R., Ponocny-Seliger, E., Smuc, M. & Wenninger, U. (2003). Validitätsüberprüfung verkehrspsychologischer Leistungstests für die Fahreignungsbegutachtung. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 49 (4), 191-197.
- Bukasa, B. & Piringer, A. (2001). Validierungsstudien zur Überprüfung der Aussagekraft von Leistungstests für die Fahreignungsbegutachtung. *Psychologie in Österreich*, 3, 187-195.
- Bukasa, B., Piringer, A. & Wenninger, U. (2001). *DR2 Test des Entscheidungs- und Reaktionsverhaltens in einem dynamischen Fahrsetting*. Manual. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Bukasa, B. & Risser, R. (1985). *Die verkehrspsychologischen Verfahren im Rahmen der Fahreignungsdiagnostik*. Wien: Literas Universitätsverlag.
- Bukasa, B. & Utzelmann, H. D. (in Vorbereitung). Diagnostik der Fahreignung. In H.-P. Krüger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Verkehrspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Bukasa, B. & Wenninger, U. (2001a). *GEMAT Test zur Erfassung der optischen Merkfähigkeit*. Manual. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Bukasa, B. & Wenninger, U. (2001b). *LL5 Test zur Erfassung der visuellen Strukturierungsfähigkeit*. Manual. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Bukasa, B. & Wenninger, U. (2001c). *MAT Test zur Erfassung der nonverbalen Intelligenz*. Manual. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Bukasa, B. & Wenninger, U. (2001d). *Q1 Test zur Erfassung der Konzentrationsfähigkeit unter Monotonie*. Manual. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.

- Bukasa, B. & Wenninger, U. (2001e). *RST3 Test zur Erfassung der reaktiven Belastbarkeit*. Manual. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Bukasa, B. & Wenninger, U. (2001f). *TT15 Test zur Erfassung der verkehrsspezifischen Überblicksgewinnung*. Manual. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Bukasa, B., Kisser, R. & Wenninger, U. (1990). Computergestützte Leistungsdiagnostik bei verkehrspsychologischen Eignungsuntersuchungen. *Diagnostica*, 36 (2), 148-165.
- Buld, S. (2001). *Der Arbeitsplatzinhaber als Experte bei der Arbeitsplatzbewertung*. Berlin: dissertation.de.
- Buld, S., Krüger, H.-P., Hoffmann, S., Kaußner, A., Tietze, H. & Totzke, I. (2002). *Wirkungen von Assistenz und Automation auf Fahrerzustand und Fahrsicherheit* (Abschlussbericht Projekt EMPHASIS: Effort-Management und Performance-Handling in sicherheitsrelevanten Situationen, Förderkennzeichen: 19 S 9812 7). Würzburg: Universität, Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW).
- Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.) (2000). *Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung* (Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen M115). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Burgard, E. (2005). *Fahrkompetenz im Alter - Die Aussagekraft diagnostischer Instrumente bei Senioren und neurologischen Patienten*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, Bad Heilbrunn. Verfügbar unter [http://edoc.ub.uni-muenchen.de/archive/00004478/01/Burgard\\_Esther.pdf](http://edoc.ub.uni-muenchen.de/archive/00004478/01/Burgard_Esther.pdf) (24.8.06).
- Burgard, E., Sick, C.-D., Hippel, B. & Kiss, M. (2004). Fahreignung nach Hirnschädigung. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 50 (3), 145-150.
- Carter, G. J., Dela Torre, R. & Mier, M. J. (1961). A method of evaluating disability in patients with Parkinson's disease. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 122, 143-147.
- Ceballos-Baumann, A. O. (2005). Idiopathisches Parkinson-Syndrom: Grundlagen, Medikamente, Therapieeinleitung. In A. O. Ceballos-Baumann & B. Conrad (Hrsg.), *Bewegungsstörungen* (2. Aufl.) (S. 33-70). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Christ, R. & Brandstätter, C. (1997). Die Diskussion um die Fahreignung älterer Kraftfahrer zwischen Glaubenskrieg und empirischem Fundament. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 43 (1), 10-19.
- Dahmen-Zimmer, K., Kostka, M., Scheufler, I., Piechulla, W., Kaiser, I. & Zimmer, A. (1999). *Situationsangepasste und Nutzer-Typ-zentrierte Optimierung von Systemen zur Fahrerunterstützung*. Unveröffentlichter Bericht Projekt SANTOS Arbeitspaket 1.1, Lehrstuhl für experimentelle und angewandte Psychologie der Universität Regensburg.
- Dement, W. C. (1997). The perils of drowsy driving. *The New England Journal of Medicine*, 337, 783-785.
- DeRaedt, R. & Ponjaert-Kristoffersen, I. (2000). Can strategic and tactical compensation reduce crash risk in older drivers? *Age and Ageing*, 29, 517-521.
- Dubinsky, R. M., Gray, C., Husted, D., Busenbark, K., Vetere-Overfield, B., Wiltfong, D., Parrish, D. & Kollner, C. (1991). Driving in Parkinson's disease. *Neurology*, 41, 517-520.
- Düker, H. (1963). Über reaktive Anspannungssteigerung. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 10, 46-72.
- Ellgring, H. & Macht, M. (1999). Psychologische Aspekte der Parkinson-Erkrankung. In H. Skwar (Hrsg.), *Kommunikation zwischen Partnern - Morbus Parkinson* (S. 75-85). Düsseldorf: Schriftenreihe der Bundesarbeitsgemeinschaft Hilfe für Behinderte (247).
- Ellinghaus, D., Schlag, B. & Steinbrecher, J. (1990). *Leistungsfähigkeit und Fahrverhalten älterer Kraftfahrer* (Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft 80) Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Emre, M. (2003). Dementia associated with Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 2, 229-237.
- Fahn, S., Elton, R.L., Members of the UPDRS Development Committee (1987). Unified Parkinson's disease Rating Scale. In: S. Fahn, C.D. Marsden, D.B. Calne & M. Goldstein (Eds.). *Recent Developments in Parkinson's disease* (pp. 153-163, 293-304). Florham Park, NJ: Macmillan Healthcare Information.
- Fahrerlaubnis-Verordnung FeV. Verfügbar unter <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/fev/> (24.8.06).
- Ferreira, J. J., Galitzky, M., Montastruc, J. L. & Rascol, O. (2000). Sleep attacks and Parkinson's disease treatment. *The Lancet*, 355, 1333-1334.
- Flexicon - DocCheck. Verfügbar unter <http://flexicon.doccheck.com/Idiopathisch> (24.8.06).
- Folstein, J. F., Folstein, S. E. & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state": a practical method for grading cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 129-138.

- Freund, B., Colgrove, L. A., Burke, B. L. & McLeod, R. (2005). Self-rated driving performance among elderly drivers referred for driving evaluation. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 613-618.
- Frucht, S., Rogers, J. D., Greene, P. E., Gordon, M. F. & Fahn, S. (1999). Falling asleep at the wheel: motor vehicle mishaps in persons taking pramipexole and ropinirole. *Neurology*, 52, 1908-1910.
- Gelau, C., Metker, T. & Tränkle, T. (1994). Untersuchungen zu Leistungsfähigkeit und Verkehrsverhalten älterer Autofahrer. In U. Tränkle (Hrsg.), *Autofahren im Alter* (S. 139-159). Köln: TÜV Rheinland.
- Gerlach, M., Reichmann, H. & Riederer, P. (2003). *Die Parkinson-Krankheit - Grundlagen - Klinik - Therapie* (3. Aufl.). Wien: Springer.
- Golz, D., Huchler, S., Jörg, A. & Küst, J. (2004). Beurteilung der Fahreignung. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 15 (3), 157-167.
- Grundgesetz (GG) der Bundesrepublik Deutschland. Verfügbar unter <http://www.datenschutz-berlin.de/recht/de/gg/> (24.8.06).
- Hakamies-Blomqvist, L. (1994). Compensation in older drivers as reflected in their fatal accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 107-112.
- Hampel, B., Küppers, F., Utzelmann, H. D. & Haas, R. (1982). *Ermittlung der an Fahrprüfungsorte zu stellenden Anforderungen* (Bericht zum Forschungsprojekt 7516/2). Köln: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Hannen, P. (1997). *Fahrverhalten nach erworbenen Hirnschäden - eine empirische Studie*. Dissertation, Universität Bielefeld.
- Hargutt, V. (2003). *Das Lidschlussverhalten als Indikator für Aufmerksamkeits- und Müdigkeitsprozesse bei Arbeitshandlungen* (VDI-Fortschritt-Bericht Nr. 233, Reihe 17: Biotechnik/ Medizintechnik). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Hargutt, V., Körner, Y., Krüger, H.-P. & Maag, C. (2007). Nicht krankheitsbedingte psychologische Determinanten der Fahreignung und Fahrsicherheit. In B. Madea, F. Mußhoff & G. Berghaus (Hrsg.), *Verkehrsmedizin* (S. 599-623). Köln: Deutscher Ärzte Verlag.
- Hartje, W. (2004). Die neuropsychologische Testdiagnostik hat nur begrenzte Aussagekraft für die Fahreignung. In: C. Dettmers & C. Weiller (Hrsg.), *Fahreignung bei neurologischen Erkrankungen* (S. 19-22). Bad Honnef: Hippocampus Verlag.
- Heikkilä, V.-M., Turkka, J., Korpelainen, J., Kallanranta, T. & Summala, H. (1998). Decreased driving ability in people with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 64, 325-330.
- Hobson, D. E., Lang, A. E., Wayne Martin, W. R., Razmy, A., Rivest, J. & Fleming, J. (2002). Excessive daytime sleepiness and sudden-onset sleep in Parkinson disease. *Journal of the American Medical Association*, 287, 455-463.
- Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Philipps, R. & Dement, W. C. (1996). *SSS Stanford Schläfrigkeitsskala. Internationale Skalen für Psychiatrie* (4., überarbeitete und erweiterte Auflage) (S. 137-139). Weinheim: Beltz.
- Hoehn, M. & Yahr, M. (1967). Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology*, 17, 1049-1055.
- Hoffmann, S. & Buld, S. (2006). Darstellung und Evaluation eines Trainings zum Fahren in der Fahrsimulation. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.), *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme (VDI-Bericht Nr. 1960)* (S. 113-132). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Hoffmann, S., Krüger, H.-P. & Buld, S. (2003). Vermeidung von Simulator Sickness anhand eines Trainings zur Gewöhnung an die Fahrsimulation. In Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.), *Simulation und Simulatoren - Mobilität virtuell gestalten (VDI-Bericht Nr. 1745)* (S. 385-404). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Homann, C. N., Suppan, K., Homann, B., Crevenna, R., Ivanic, G. & Ruzika, E. (2003). Driving in Parkinson's disease - a health hazard. *Journal of Neurology*, 250, 1439-1446.
- Horne, J. A. (2002). Misperceptions exist about sleep attacks when driving. *Biomedical Journal*, 325, 657.
- Hutter, M., Braun, E., Bukasa, B., Ponocny-Seliger, E., Schermann, W. & Wenninger, U. (2000). *TAAK - Testverfahren für alkoholauffällige Kraftfahrer*. Testhandbuch - Kurzfassung. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Hutter, M., Bukasa, B., Wenninger, U. & Brandstätter, C. (1997). *VPT.2 Verkehrsbezogener Persönlichkeitstest - Version 2*. Testhandbuch. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Johns, M. W. (1992). Reliability and factor analysis of the Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, 15, 356-381.

- Kaiser, H. J. & Oswald, W. D. (2000). Autofahren im Alter - eine Literaturanalyse. *Zeitschrift für Gerontopsychologie & -psychiatrie*, 13 (3/4), 131-170.
- Karner, T. & Biehl, B. (2001). Über die Zusammenhänge verschiedener Versionen von Leistungstests im Rahmen der verkehrspsychologischen Diagnostik. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 47 (2), 53-63.
- Klebensberg, D., Biehl, B., Fuhrmann, J. & Seydel, U. (1970). *Fahrverhalten: Beschreibung, Beurteilung und diagnostische Erfassung* (Kleine Fachbuchreihe des Kuratoriums für Verkehrssicherheit, Bd. 8). Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Körner, Y., Meindorfner, C., Möller, J. C., Stiasny-Kolster, K., Cassel, W., Oertel, W. H. & Krüger, H.-P. (2003). Zusammenhang zwischen selbstberichteter Tagesmüdigkeit und selbstberichteten Schlafstörungen vor und nach einer Erkrankung an M. Parkinson - Fragebogendaten von 6620 Parkinson-Patienten. *Somnologie*, 7 (3), 1-11.
- Körner, Y., Meindorfner, C., Möller, J. C., Stiasny-Kolster, K., Haja, D., Cassel, W., Oertel, W. H. & Krüger, H.-P. (2004). Predictors of sudden onset of sleep in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 19 (11), 1298-1305.
- Kroj, G. & Pfeiffer, G. (1973). *Der Kölner Fahrverhaltens-Test (K-F-V-T)*. Frankfurt: Dr. Arthur Tetzlaff-Verlag.
- Krüger, H.-P., Grein, M. & Kaußner, A. (2005, November). *SILAB - A task-oriented driving simulation*. Paper presented at the Driving Simulation Conference, Orlando, Florida.
- Krüger, H.-P., Körner, Y., Roth, C., Möller, J. C., Stiasny-Kolster, K., Haja, D. & Oertel, W. H. (2002). *Eine Bedingungsanalyse des plötzlichen Einschlafens bei M. Parkinson*. (Unveröffentlichter Abschlussbericht zur dPV-Befragung 2000). Würzburg: Universität, Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW).
- Krüger, H.-P., Meindorfner, C. & Körner, Y. (in Vorbereitung). Psychopharmaka und Fahrtüchtigkeit. In F. Holsboer, G. Gründer & O. Benkert (Hrsg.), *Handbuch der Psychopharmakotherapie*. Berlin: Springer.
- Lachenmayr, B.J. (2003). Anforderungen an das Sehvermögen des älteren Kraftfahrers. *Deutsches Ärzteblatt*, 100(10), 503-510.
- Lachenmeyer, L. (2000). Parkinson's disease and the ability to drive. *Journal of Neurology*, 247 (7), IV/28-IV/30.
- Lachenmeyer, L. (2004). Die Beurteilung der Fahreignung von Parkinson-Patienten. In C. Dettmers & C. Weiller (Hrsg.), *Fahreignung bei neurologischen Erkrankungen* (S. 66-74). Bad Honnef: Hippocampus Verlag.
- Lings, S. & Dupont, E. (1992). Driving with Parkinson's disease: A controlled laboratory investigation. *Acta Neurologica Scandinavica*, 86, 33-39.
- Löhle, M. & Reichmann, H. (2006). Moderne Therapie des idiopathischen Parkinson-Syndroms. *psychoneuro*, 32(4), 187-197.
- Macht, M. (2003). *Verhaltenstherapien mit Parkinson-Patienten*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Macht, M. & Ellgring, H. (2003). *Psychologische Interventionen bei der Parkinson-Erkrankung*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Macht, M., Klecker, J., Pfeiffer, B., Annecke, R., Ulm, G. & Ellgring, H. (2000). Wirkung von Entspannung und Musik auf Befinden und Motorik von Parkinson-Patienten. *Verhaltenstherapie*, 10, 25-30.
- Macht, M., Schwarz, R. & Ellgring, H. (1998). Psychologische Interventionen bei der Parkinson-Erkrankung. *Report Psychologie*, 23 (3), 222-225.
- Madeley, P., Hulley, J. L., Wildgust, H. & Mindham, R. H. S. (1990). Parkinson's disease and driving ability. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 53, 580-582.
- Manni, R., Terzaghi, M., Sartori, I., Mancini, F. & Pacchetti, C. (2004). Dopamine agonists and sleepiness in PD: review of the literature and personal findings. *Sleep Medicine*, 5, 189-193.
- Marottoli, R. A., Cooney, L. M., Wagner, D. R., Doucette, J. & Tinetti, M. E. (1994). Predictors of automobile crashes and moving violations among elderly drivers. *Annals of Internal Medicine*, 121 (11), 842-846.
- Mayer, K. (2001). Fahreignung bei Verletzungen und Erkrankungen des Nervensystems. In Kuratorium ZNS für Unfallverletzte mit Schäden des Zentralen Nervensystems e.V. (Hrsg.), *Bericht über die Tagung „Neurologie und Verkehrssicherheit in Berlin“, 2000* (S. 13-19). Wuppertal: BARMER Ersatzkasse.

- Meindorfner, C., Körner, Y., Möller, J. C., Stiasny-Kolster, K., Oertel, W. H. & Krüger, H.-P. (2005). Driving in Parkinson's disease: Mobility, accidents, and sudden onset of sleep at the wheel. *Movement Disorders*, 20 (7), 832-842.
- Metker, T., Gelau, C. & Tränkle, T. (1994). Altersbedingte kognitive Veränderungen. In U. Tränkle (Hrsg.), *Autofahren im Alter* (S. 99-119). Köln: TÜV Rheinland.
- Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do? In L. Evans & R.C. Schwing (Eds.), *Human Behavior and Traffic Safety* (pp. 485-521). New York: Plenum Press.
- Möller, J. C., Körner, Y., Dodel, R. C., Meindorfner, C., Stiasny-Kolster, K., Spottke, A., Krüger, H.-P. & Oertel, W. H. (2005). Pharmacotherapy of Parkinson's disease in Germany. *Journal of Neurology*, 252 (8), 926-935.
- Möller, J. C., Stiasny, K., Cassel, W., Peter, J. H., Krüger, H.-P. & Oertel, W. H. (2000). "Schlafattacken" bei Parkinson-Patienten - Eine Nebenwirkung von Nonergolin-Dopamin-Agonisten oder ein Klasseneffekt von Dopamimetika? *Nervenarzt*, 71, 670-676.
- Möller, J. C., Stiasny, K., Hargutt, V., Cassel, W., Tietze, H., Peter, J. H., Krüger, H.-P. & Oertel, W. H. (2002). Evaluation of sleep and driving performance in six patients with Parkinson's disease reporting sudden onset of sleep under dopaminergic medication: A pilot study. *Movement Disorders*, 17 (3), 474-481.
- Mönning, M., Sabel, O. & Richter, W. H. (1997). Rechtliche Hintergründe der Fahreignungsdiagnostik. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 1, 62-71.
- O'Donnell, R. D. & Eggemeier, F. T. (1986). Workload Assessment Methodology. In K. Boff, L. Kaufman & J. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance, Vol. II: Cognitive Processes and Performance* (pp. 42/1-42/43). New York: Wiley Interscience.
- Ondo, W. G., Dat Vuong, K., Khan, H., Atassi, F., Kwak, C. & Jankovic, J. (2001). Daytime sleepiness and other sleep disorders in Parkinson's disease. *Neurology*, 57, 1392-1396.
- O'Suilleabhain, P., Bullard, J. & Dewey, R. B. (2001). Proprioception in Parkinson's disease is acutely depressed by dopaminergic medications. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 71, 607-610.
- Owsley, C., Ball, K., Sloane, M. E., Roenker, D. L. & Bruni, J. R. (1991). Visual/ cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and Aging*, 6 (3), 403-415.
- Parkinson, J. (1817). *An essay on the shaking palsy*. London: Wittingham and Rowland.
- Paus, S., Brecht, H. M., Köster, J., Seeger, G., Klockgether, T. & Wüllner, U. (2003). Sleep attacks, daytime sleepiness, and dopamine agonists in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 18 (6), 659-667.
- Peli, E. & Peli, D. (2002). *Driving with confidence. A practical guide to driving with low vision*. London: World Scientific Publishing.
- Pfafferott, I. (1994). Mobilitätsbedürfnisse und Unfallverwicklung älterer Autofahrer/innen. In U. Tränkle (Hrsg.), *Autofahren im Alter* (S. 19-36). Köln: TÜV Rheinland.
- Pillon, B., Boller, F., Levy, R. & Dubois, B. (2001). Cognitive deficits and dementia in Parkinson's disease. In F. Boller & S. Cappa (Eds.), *Handbook of Neuropsychology Bd.6* (2. Aufl.) (pp. 311-371). Amsterdam: Elsevier Science.
- Poewe, W. & Wenning, G. K. (2005). Klinik und Therapie des fortgeschrittenen idiopathischen Parkinson-Syndroms. In A. O. Ceballos-Baumann & B. Conrad (Hrsg.), *Bewegungsstörungen* (2. Aufl.) (S. 71-85). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Radford, K. A., Lincoln, N. B. & Lennox, G. (2004). The effects of cognitive abilities on driving in people with Parkinson's disease. *Disability and Rehabilitation*, 26 (2), 65-70.
- Raskin, A., Borod, J. C. & Tweedy, J. (1990). Neuropsychological aspects of Parkinson's disease. *Neuropsychological Review*, 1 (3), 185-221.
- Reichmann, H. (2003). *Morbus Parkinson - Aktuelle Aspekte zur Ätiologie, Diagnostik und Therapie* [CD-ROM]. Frankfurt: Merz Pharmaceuticals GmbH.
- Reyner, L. A. & Horne, J. A. (1998). Falling asleep whilst driving: are drivers aware of prior sleepiness? *International Journal of Legal Medicine*, 111, 120-123.
- Risser, R. & Brandstätter, C. (1985). *Die Wiener Fahrprobe*. Wien: Literas.

- Ritter, G. & Steinberg, H. (1979). Parkinsonismus und Fahrtauglichkeit. *Münchener medizinische Wochenschrift*, 121 (41), 1329-1330.
- Roth, T., Roehrs, E. A., Carskadon, M. A. & Dement, W. C. (1994). Daytime sleepiness and alertness. In M. H. Krüger, T. Roth & W. C. Dement (Eds.), *Principles and practice of sleep medicine* (2. Aufl.) (pp. 40-49). Philadelphia: WB Saunders Co.
- Schandry, R. (1998). *Lehrbuch Psychophysiologie (Studienausgabe)*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Schapira, A. H. (2000). Sleep attacks (sleep episodes) with pergolide [Letter]. *The Lancet*, 355, 1332-1333.
- Schlag, B. (1994). Fahrverhalten älterer Autofahrer/innen. In U. Tränkle (Hrsg.), *Autofahren im Alter* (S. 161-172). Köln: TÜV Rheinland.
- Schlesinger, I. & Ravin, P. D. (2003). Dopamine agonists induce episodes of irresistible daytime sleepiness. *European Neurology*, 49, 30-33.
- Schmidt, L. & Piringer, A. (1986a). *FRF Fragebogen für Risikobereitschaftsfaktoren (in Anlehnung an D.N. Jackson & P. Schwenkmezger)*. Testhandbuch. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Schmidt, L. & Piringer, A. (1986b). *VIP Verkehrsspezifischer Itempool*. Testhandbuch. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit.
- Schrag, A. (2005). Driving in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 76 (2), 159.
- Schubert, W., Berg, M., Müller, K., Rückborn, K., Rückert, J., Schneider, W., Sömen, H. D., Stephan, E., Utzelmann, H. D. & Winkler, W. (2005). Anforderung an die psychische Leistungsfähigkeit. In W. Schubert, W. Schneider, W. Eisenmenger & E. Stephan (Hrsg.), *Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung - Kommentar* (S. 42-64). Bonn: Kirschbaum-Verlag.
- Schubert, W. & Wagner, T. (2003). Die psychologische Fahrverhaltensbeobachtung - Grundlagen, Methodik und Anwendungsmöglichkeiten. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 49 (3), 123-127.
- Schwab, R. S. & England, A. C. (1969). Projection technique for evaluating surgery in Parkinson's disease. In F. J. Gillingham & I. M. L. Donaldson (Eds.), *Third Symposium on Parkinson's Disease* (pp. 152-157). Edinburgh: Livingstone.
- Shulman, K. I., Shedletsky, R. & Silver, I. (1986). The challenge of time: clock drawing and cognitive function in the elderly. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 1, 135-140.
- Sommer, S.M., Arno, P., Strypsten, M., Eeckhout, G. & Rothermel, S. (2003). *On-road assessment methodology and reference road test* (Abschlussbericht Projekt AGILE, D4.3). Verfügbar unter [http://www.agile.iao.fraunhofer.de/downloads/agile\\_d4\\_3.pdf](http://www.agile.iao.fraunhofer.de/downloads/agile_d4_3.pdf) (24.8.06).
- Sprecher, W., Albrecht, M. & Janssen, D. (in Vorbereitung). Verkehrsmedizinische Zugänge zum Verkehrsverhalten. In H.-P. Krüger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Verkehrspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Statistisches Bundesamt (2003). *Verkehrsunfälle 2002* (Fachserie 8 Verkehr, Reihe 7). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Verfügbar unter <http://www.ec.destatis.de/csp/shop/sfg/sfghome.csp?action=&CSPCHD=000000010002balBdMeHtO1752572878> (24.8.06).
- Stolwyk, R. J., Triggs, T. J., Charlton, J. L., Ianseck, R. & Bradshaw, J. L. (2005). The impact of internal vs. external cueing on driving performance in people with Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 20, 846-857.
- Strafgesetzbuch StGB. Verfügbar unter <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/stgb/> (24.8.06).
- Straßenverkehrsgesetz StVG. Verfügbar unter <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/stvg/> (24.8.06).
- Tan, E. K., Lum, S. Y., Fook-Chong, S. M. C., Teoh, M. L., Yih, Y., Tan, L., Tan, A. & Wong, M. C. (2002). Evaluation of somnolence in Parkinson's disease: Comparison with age- and sex-matched controls. *Neurology*, 58, 465-468.
- Tewes, U. (1991). *Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene - Revision*. Göttingen: Hogrefe.
- Tracik, F. & Ebersbach, G. (2001). Sudden daytime sleep onset in Parkinson's disease: Polysomnographic recordings. *Movement Disorders*, 16 (3), 500-506.
- Trenkwalder, C. & Wittchen H.-U. (1999). *Parkinson. Die Krankheit verstehen und bewältigen*. München: Mosaik Verlag.
- Utzelmann, H. D. & Brenner-Hartmann, J. (2005). Psychologische Fahrverhaltensbeobachtung. In W. Schubert, W. Schneider, W. Eisenmenger & E. Stephan (Hrsg.), *Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung - Kommentar* (S. 60-64). Bonn: Kirschbaum-Verlag.

- Webster, D. D. (1968). Critical analyses of the disability in Parkinson's disease. *Medical Treatment*, 5, 257-282.
- Weinand, M. (1997). *Kompensationsmöglichkeiten bei älteren Kraftfahrern mit Leistungsdefiziten* (Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen M77). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Wenninger, U. (2001). Neue Ansätze der Testvorgabe bei verkehrspsychologischen Untersuchungen. *Psychologie in Österreich*, 21 (3), 167-174.
- Winkler, W. (2005). Kompensation von Eignungsmängeln. In W. Schubert, W. Schneider, W. Eisenmenger & E. Stephan (Hrsg.), *Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahrereignung - Kommentar* (S. 65-68). Bonn: Kirschbaum-Verlag.
- Wolbers, T., Küst, J., Karbe, H., Netz, J. & Hömberg, V. (2001). Interaktive Fahrsimulation - ein neuer Weg zur Diagnose und Rehabilitation der Fahrtauglichkeit. *Rehabilitation*, 40, 87-91.
- Wood, J. M., Worringham, C., Kerr, G., Mallon, K. & Silburn, P. (2005). Quantitative assessment of driving performance in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 76, 176-180.
- Worringham, C., Wood, J. M., Kerr, G. & Silburn, P. (2006). Predictors of driving assessment outcome in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 21(2), 230-235.
- Zangemeister, W. H. & Hökendorf, H. (2000). Kognitive NeuroVisuelle Rehabilitation und Fahrtüchtigkeit. In Kuratorium ZNS für Unfallverletzte mit Schäden des Zentralen Nervensystems e.V. (Hrsg.), *Bericht über die Tagung „Neurologie und Verkehrssicherheit in Berlin“*, 2000 (S. 19-46). Wuppertal: BAR-MER Ersatzkasse.
- Zaudig, M., Hiller, W., Geiselman, B., Hansert, E., Linder, G. Mombour, W., Reischies, F.M. & Thora, C. (1996). *Strukturiertes Interview für die Diagnose der Demenz vom Alzheimer-Typ, der Multiinfarkt- (oder vaskulären) Demenz und Demenzen anderer Ätiologie nach DSM-III-R, DSM-IV und ICD 10*. Göttingen: Hogrefe.
- Zesiewicz, T. A., Cimino, C. R., Malex, A. R., Gardner, N. M., Leaverton, P., Hauser, R. A., Dunne, P. B. & Hauser, R. A. (2002). Driving safety in Parkinson's disease. *Neurology*, 59, 1787-1788.

## 11 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

|                 |                                                                                                |              |                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ab1*</b>     | zu geringer Längsabstand innerorts                                                             | <b>LVT</b>   | Linienverfolgungstest                                                                                                                                                               |
| <b>Ab2*</b>     | zu geringer Längsabstand außerorts                                                             | <b>MAT</b>   | Test zur Erfassung der nonverbalen Intelligenz                                                                                                                                      |
| <b>Ab3*</b>     | zu geringer Querabstand                                                                        | <b>MMSE</b>  | Mini-Mental Status Examination                                                                                                                                                      |
| <b>ÄQP</b>      | Äquipotenzdosierung                                                                            | <b>MPU</b>   | medizinisch-psychologische Untersuchung                                                                                                                                             |
| <b>ART-2020</b> | Act-React-Testsystem 2020                                                                      | <b>Nav</b>   | Navigationsfehler                                                                                                                                                                   |
| <b>BASt</b>     | Bundesanstalt für Straßenwesen                                                                 | <b>NUDS</b>  | Northwestern University Disability Scale                                                                                                                                            |
| <b>bpm</b>      | beats per minute                                                                               | <b>PASAT</b> | Paced Auditory Serial Addition Task                                                                                                                                                 |
| <b>DA</b>       | Dopamin-Agonist(en)                                                                            | <b>PD</b>    | Parkinson's Disease/ M. Parkinson                                                                                                                                                   |
| <b>dPV</b>      | Deutsche Parkinson-Vereinigung                                                                 | <b>PR</b>    | Prozentrang                                                                                                                                                                         |
| <b>DR2</b>      | Test zur Erfassung des Entscheidungs- und Reaktionsverhaltens in einem dynamischen Fahrsetting | <b>Q1</b>    | Test zur Erfassung der Aufmerksamkeitsleistung unter Monotonie                                                                                                                      |
| <b>EMEA</b>     | European Medicines Agency                                                                      | <b>RST3</b>  | Test zur Erfassung der reaktiven Belastbarkeit                                                                                                                                      |
| <b>ESS</b>      | Epworth Sleepiness Scale                                                                       | <b>SDLP</b>  | Standard Deviation of Lane Position/ Standardabweichung der Querabweichung                                                                                                          |
| <b>Fb1*</b>     | fehlende Spurgenauigkeit/ Abkommen von der Fahrbahn                                            | <b>SDSA</b>  | Stroke Drivers Screening Assessment                                                                                                                                                 |
| <b>Fb2*</b>     | Spurwechselfehler                                                                              | <b>Si1*</b>  | fehlendes, nicht ausreichendes, verzögertes Sichern                                                                                                                                 |
| <b>Fb3*</b>     | unangepasste Spurwahl                                                                          | <b>Si2*</b>  | Verkehrsverstöße gegenüber Vorrangregeln                                                                                                                                            |
| <b>Fb4*</b>     | Befahren unzulässiger Fahrbahnen                                                               | <b>Si3*</b>  | übersichtliches Sichern                                                                                                                                                             |
| <b>FeV</b>      | Fahrerlaubnisverordnung                                                                        | <b>SIDAM</b> | Strukturiertes Interview für die Diagnose der Demenz vom Alzheimer-Typ, der Multiinfarkt- (oder vaskulären) Demenz und Demenzen anderer Ätiologie nach DSM-III-R, DSM-IV und ICD 10 |
| <b>Ffz</b>      | Führungsfahrzeug                                                                               | <b>SOS</b>   | Sudden Onset of Sleep                                                                                                                                                               |
| <b>FRF</b>      | Fragebogen zur Risikobereitschaft                                                              | <b>SSS</b>   | Stanford Sleepiness Scale                                                                                                                                                           |
| <b>FVP</b>      | Fahrverhaltensprobe                                                                            | <b>StGB</b>  | Strafgesetzbuch                                                                                                                                                                     |
| <b>FVP1/1a</b>  | FVP ohne Zeitdruck                                                                             | <b>StVG</b>  | Straßenverkehrsgesetz                                                                                                                                                               |
| <b>FVP2</b>     | FVP mit Zeitdruck                                                                              | <b>TAAK</b>  | Testverfahren für alkoholauffällige Kraftfahrer                                                                                                                                     |
| <b>GEMAT3</b>   | Test zur Erfassung der optischen Merkfähigkeit                                                 | <b>TAPK</b>  | Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung - Kurzform                                                                                                                                  |
| <b>Gf1*</b>     | gefährdendes Verhalten gegenüber Fußgängern                                                    | <b>TM</b>    | Tagesmüdigkeit                                                                                                                                                                      |
| <b>Gf2*</b>     | gefährdendes Verhalten gegenüber anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern                     | <b>TT15</b>  | Test zur Erfassung der verkehrsspezifischen Überblicksgewinnung                                                                                                                     |
| <b>GG</b>       | Grundgesetz                                                                                    | <b>UFOV</b>  | Useful Field of View                                                                                                                                                                |
| <b>Gs1*</b>     | schneller als zulässige Höchstgeschwindigkeit                                                  | <b>UPDRS</b> | Unified Parkinson Disease Rating Scale                                                                                                                                              |
| <b>Gs2*</b>     | unangepasste Beschleunigung oder Verlangsamung                                                 | <b>VG</b>    | Vergleichsgruppe                                                                                                                                                                    |
| <b>Gs3*</b>     | unangepasstes Langsamfahren                                                                    | <b>VIP</b>   | Verkehrsspezifischer Itempool                                                                                                                                                       |
| <b>H&amp;Y</b>  | Hoehn & Yahr                                                                                   | <b>VPT.2</b> | Verkehrsbezogener Persönlichkeitstest                                                                                                                                               |
| <b>HAWIE-R</b>  | Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene - Revision                                     | <b>WB</b>    | „Wilder Bremser“ (in der Simulation realisiertes Szenario eines Folgefahrens mit einem plötzlich bremsenden Ffz)                                                                    |
| <b>IZVW</b>     | Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften an der Universität Würzburg              | <b>WIVW</b>  | Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften                                                                                                                                      |
| <b>Ko1*</b>     | Kommunikationsverhalten (fehlendes, verzögertes, verfrühtes Blinken)                           | <b>WTS</b>   | Wiener Testsystem                                                                                                                                                                   |
| <b>Ko2*</b>     | keine/ unklare Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern                                   | <b>ZG</b>    | Zielgruppe                                                                                                                                                                          |
| <b>Ko3*</b>     | Umgang mit der Zeichengebung anderer Verkehrsteilnehmer                                        |              |                                                                                                                                                                                     |
| <b>Koll</b>     | Kollision                                                                                      |              |                                                                                                                                                                                     |
| <b>LD</b>       | L-Dopa                                                                                         |              |                                                                                                                                                                                     |
| <b>LL5</b>      | Test zur Erfassung der visuellen Strukturierungsfähigkeit                                      |              |                                                                                                                                                                                     |

\* Fehlerkategorie nach Brenner-Hartmann (2002)



## 12 ANHANG

|        |                                                                                                            |     |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.1   | Materialien zur Fall-Kontroll-Studie.....                                                                  | 250 |
| 12.1.1 | Fragebogen zur Rekrutierung.....                                                                           | 250 |
| 12.1.2 | Instruktion zur Fahrverhaltensprobe.....                                                                   | 251 |
| 12.1.3 | Instruktion zur Vigilanzfahrt für die ZG.....                                                              | 252 |
| 12.1.4 | Instruktion zur Vigilanzfahrt für die VG.....                                                              | 254 |
| 12.1.5 | Instruktion zum ART-2020.....                                                                              | 255 |
| 12.1.6 | Fragebogen zum Fahrverhalten.....                                                                          | 256 |
| 12.2   | Ergänzende Angaben zur Stichprobe der Fall-Kontroll-Studie.....                                            | 258 |
| 12.3   | Ergänzende Grafiken und Tabellen zu den durchgeführten Analysen im Rahmen<br>der Fall-Kontroll-Studie..... | 260 |
| 12.3.1 | Fahrverhaltensprobe - Beobachtungsdaten.....                                                               | 260 |
| 12.3.2 | Fahrverhaltensprobe - aufgezeichnete Fahrdaten.....                                                        | 281 |
| 12.3.3 | Vigilanzfahrt.....                                                                                         | 284 |
| 12.3.4 | ART-2020.....                                                                                              | 291 |
| 12.4   | Curriculum Vitae.....                                                                                      | 297 |

## 12.1 Materialien zur Fall-Kontroll-Studie

### 12.1.1 Fragebogen zur Rekrutierung

#### Rekrutierungsbogen für Parkinson-Patienten

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum:

Geschlecht:  männlich  
 weiblich

Adresse: \_\_\_\_\_

Straße/ Hausnummer: \_\_\_\_\_

PLZ/ Ort: \_\_\_\_\_

Telefonnummer: \_\_\_\_\_

#### Besitzen Sie einen Führerschein?

- nein, nie erworben  
 nein (nicht mehr), abgegeben im Jahr \_\_\_\_\_  
 ja, Führerschein für Pkw, erworben im Jahr \_\_\_\_\_  
 andere Führerscheinklassen: \_\_\_\_\_

#### Fahren Sie seit Ihrer Erkrankung noch Auto?

- ja, ich fahre ohne Einschränkungen  
 ja, ich habe aber das Fahren eingeschränkt  
 nein, ich habe das Fahren ganz aufgegeben

**Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie in einer der folgenden Situationen einnicken oder einschlafen, sich also nicht nur müde fühlen?** Dies bezieht sich auf Ihren Alltag in der letzten Zeit. Selbst wenn Sie einige der Situationen in letzter Zeit nicht erlebt haben, versuchen Sie bitte, sich vorzustellen, wie diese auf Sie gewirkt hätten. Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile das für Sie zutreffende Kästchen an.

| Situation                                                                  | Würde niemals einnicken               | Geringe Wahrscheinlichkeit einznicken | Mittlere Wahrscheinlichkeit einznicken | Hohe Wahrscheinlichkeit einznicken |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|
| Im Sitzen lesen                                                            | <input type="checkbox"/><br>nein, nie | <input type="radio"/><br>ja, gering   | <input type="radio"/><br>ja, mittel    | <input type="radio"/><br>ja, hoch  |
| Fernsehen                                                                  | <input type="checkbox"/><br>nein, nie | <input type="radio"/><br>ja, gering   | <input type="radio"/><br>ja, mittel    | <input type="radio"/><br>ja, hoch  |
| Ruhiges Sitzen an einem öffentlichen Ort (z.B. Theater oder Versammlung)   | <input type="checkbox"/><br>nein, nie | <input type="radio"/><br>ja, gering   | <input type="radio"/><br>ja, mittel    | <input type="radio"/><br>ja, hoch  |
| Als Mitfahrer in einem Auto, während einer Stunde Fahrt ohne Unterbrechung | <input type="checkbox"/><br>nein, nie | <input type="radio"/><br>ja, gering   | <input type="radio"/><br>ja, mittel    | <input type="radio"/><br>ja, hoch  |
| Sich nachmittags zum Ausruhen hinlegen, wenn es die Umstände erlauben      | <input type="checkbox"/><br>nein, nie | <input type="radio"/><br>ja, gering   | <input type="radio"/><br>ja, mittel    | <input type="radio"/><br>ja, hoch  |
| Mit jemandem zusammensitzen und sich unterhalten                           | <input type="checkbox"/><br>nein, nie | <input type="radio"/><br>ja, gering   | <input type="radio"/><br>ja, mittel    | <input type="radio"/><br>ja, hoch  |
| Ruhiges Sitzen nach einem Mittagessen ohne Alkohol                         | <input type="checkbox"/><br>nein, nie | <input type="radio"/><br>ja, gering   | <input type="radio"/><br>ja, mittel    | <input type="radio"/><br>ja, hoch  |
| Als Fahrer in einem Auto, während man für wenige Minuten im Verkehr anhält | <input type="checkbox"/><br>nein, nie | <input type="radio"/><br>ja, gering   | <input type="radio"/><br>ja, mittel    | <input type="radio"/><br>ja, hoch  |

**Kommt es oder kam es in der Vergangenheit vor,**

- dass Sie tagsüber plötzlich einschlafen, ohne dass Sie dies wollen, oder
- dass Sie plötzlich aufwachen, ohne dass Sie bemerkt haben, eingeschlafen zu sein?

- ja
- früher, aber nicht zurzeit
- nein

**Wenn ja, in welchen Situationen?**

- in ruhigen Situationen, wie
- beim Lesen
- beim Fernsehen
- bei Sonstigem \_\_\_\_\_
- in Situationen aktiver Tätigkeit, wie
- beim Autofahren **als Fahrer**
- bei der Haus- oder Gartenarbeit
- beim Telefonieren
- im Gespräch
- beim Schreiben
- bei Sonstigem \_\_\_\_\_

**Sind Sie seit Ihrer Erkrankung beim Autofahren schon einmal eingeschlafen?**

- ja, es ist mir schon einmal passiert
- ja, es ist mir schon mehrfach passiert
- nein, es ist mir noch nicht passiert

**Sind Sie zurzeit tagsüber müde?**

- ja, fast immer
- ja, häufig
- ja, manchmal
- ja, selten
- nein

**12.1.2 Instruktion zur Fahrverhaltensprobe****Ablauf des heutigen Untersuchungstermins:**

Nach einer kurzen Fahrt, durch die Sie sich wieder an das Fahren im Simulator gewöhnen können, werden Sie heute zwei sehr abwechslungsreiche Strecken fahren, mit vielen verschiedenen Situationen, wie sie auch im richtigen Verkehr vorkommen.

Dabei fahren Sie zunächst ungefähr 40 Minuten auf einer Landstraße und danach noch einmal etwa 20 Minuten - ebenfalls auf einer Landstraße.

Bitte strengen Sie sich richtig an, denn heute werden Ihre Fehler gezählt!!!

Heute ist kein Training mehr, es ist wirklich wichtig, dass Sie gut fahren!

(Zur ZG: Vergessen Sie nicht, dass es heute darum geht, die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten zu beurteilen!

Zur VG: Es geht heute auch darum, die Fahrtauglichkeit im Alter zu beurteilen!)

Wenn Sie gut fahren, winkt auch eine Belohnung: Ihre Fahrleistung wird mit der Leistung der anderen Untersuchungsteilnehmer verglichen. Derjenige Fahrer/ Patient, der die Strecken insgesamt am besten durchfährt, erhält einen Buchgutschein im Wert von € 15.

Vor und nach den Fahrten erhalten Sie verschiedene Fragebögen, die Sie bitte bearbeiten. Nach den Fahrten werden wir außerdem sehr ausführlich mit Ihnen über die Strecken und evtl. aufgetretene Schwierigkeiten sprechen. Sie können sich dann auch frei zu den Fahrten äußern und uns Ihre Eindrücke schildern.

**Zur Fahrverhaltensprobe 1:**

Sie werden also zunächst etwa 40 Minuten auf einer Landstraße fahren.

Ihre Aufgabe ist es, in erster Linie so sicher und fehlerfrei, dabei aber auch so zügig wie möglich zu fahren.

Bitte beachten Sie unbedingt die StVO in vollem Umfang:

Fahren Sie nicht schneller als die zulässige Höchstgeschwindigkeit, d.h. in Ortschaften nicht schneller als 50km/h und auf der Landstraße nicht schneller als 100km/h (natürlich kann es auch sein, dass Sie durch Schilder darauf hingewiesen werden, dass auf der Landstraße mal nur 60 oder 80km/h erlaubt sind).

Beachten Sie daher sämtliche Verkehrsschilder, wie z.B. auch Überholverbote oder Gefahrenschilder.

Wählen Sie eine den Situationen angemessene Geschwindigkeit.

Achten Sie auch darauf, gut in Ihrer Fahrspur zu bleiben, d.h. dass Sie

- einerseits nicht rechts von der Fahrbahn abkommen,

- andererseits aber auch links die Kurven nicht schneiden, selbst wenn kein

Gegenverkehr kommt - auch wenn man das dann gerne mal tut.

Bitte achten Sie auch darauf, dass Sie nicht vergessen zu blinken. Denken Sie daran: Sie müssen bei jeder willentlichen Abweichung von der Spur blinken, d.h. beim Überholen, beim Ausweichen bzw. Vorbeifahren an Hindernissen und parkenden Fahrzeugen sowohl beim Ausscheren als auch beim Einscheren.

An Kreuzungen zeigt Ihnen das Navigationssystem (Display auf der Mittelkonsole) durch Pfeile an, wo Sie abbiegen müssen. Bitte biegen Sie äußerst langsam ab, da das, wie Sie ja schon gemerkt haben, im Simulator viel schwieriger ist als im wirklichen Straßenverkehr und man dabei sehr leicht von der Straße abkommt. Die Zeit spielt beim Abbiegen also keine Rolle.

Wie gesagt werden heute während der Fahrt Ihre Fehler gezählt. Fehlerpunkte gibt es bei:

- Verstößen gegen die Straßenverkehrsordnung (Tempo 50 in Ortschaften, 100 auf der Landstraße, Überholverbot, Schilder beachten etc.),
- Behinderung oder Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer,
- Übertretungen der Fahrbahnränder, Kurve schneiden (Spurhaltung),
- Zusammenstößen mit Hindernissen oder Fahrzeugen,
- Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug,
- Vergessen zu blinken und bei
- Missachtung des Navigationssystems.

Können Sie die wichtigsten Punkte bitte wiederholen?

- *keine Fehler machen (StVO)*
- *Spurhaltung*
- *Beachten des Navigationssystems*
- *Blinken*
- *langsam beim Abbiegen.*

Sollten Sie sich beim Fahren nicht wohl fühlen, teilen Sie uns das bitte mit!

#### **Zur Fahrverhaltensprobe 2:**

Sie werden jetzt eine ähnliche Strecke wie gerade eben fahren.

Stellen Sie sich aber dieses Mal vor, dass Sie spät dran sind und unbedingt einen wichtigen Termin einhalten müssen (z.B. einen bestimmten Zug kriegen). Sie müssen sich also sehr beeilen, damit Sie noch pünktlich kommen!!!

Bitte beachten Sie aber trotzdem die StVO in vollem Umfang:

Fahren Sie trotzdem nicht schneller als die zulässige Höchstgeschwindigkeit, d.h. auf der Landstraße nicht schneller als 100km/h und in Ortschaften nicht schneller als 50km/h; versuchen Sie aber, auch nicht langsamer zu fahren!

Beachten Sie sämtliche Verkehrsschilder, wie z.B. Überholverbote oder Gefahrenschilder.

Bitte achten Sie auch wieder darauf, gut in Ihrer Fahrspur zu bleiben, und vergessen Sie nicht zu blinken.

An Kreuzungen zeigt Ihnen das Navigationssystem wieder durch Pfeile an, wo Sie abbiegen müssen. Bitte biegen Sie aber trotz allem langsam ab, hier müssen Sie sich nicht beeilen!

Auch jetzt werden wieder Ihre Fehler gezählt, wobei aber auch sehr wichtig ist, dass Sie nicht zu langsam fahren. Denken Sie daran, dass die beste Leistung mit einem Buchgutschein im Wert von 15 Euro belohnt wird. Fehlerpunkte gibt es wieder bei

- Verstößen gegen die Straßenverkehrsordnung (Tempo 50 in Ortschaften, 100 auf der Landstraße, Überholverbot, Schilder beachten etc.),
- Behinderung oder Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer,
- Übertretungen der Fahrbahnränder, Kurve schneiden (Spurhaltung),
- Zusammenstöße mit Hindernissen oder Fahrzeugen,
- Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug,
- Vergessen zu blinken und bei
- Missachtung des Navigationssystems.

Können Sie die wichtigsten Punkte bitte wiederholen?

- *möglichst zügig (im Rahmen der StVO), aber langsam beim Abbiegen*
- *keine Fehler machen (StVO)*
- *Spurhaltung*
- *Missachtung des Navigationssystems*
- *Blinken.*

Also gut, denken Sie nun immer daran, dass Sie es eilig haben und fahren Sie im Rahmen der Straßenverkehrsordnung so schnell wie möglich. Eine Stimme auf Tonband wird Sie regelmäßig daran erinnern.

Sollten Sie sich beim Fahren nicht wohl fühlen, teilen Sie uns das bitte mit!

### **12.1.3 Instruktion zur Vigilanzfahrt für die ZG**

#### **Worum geht's heute?**

Sehr viele (wenn auch nicht alle) Parkinson-Patienten leiden unter Tagesmüdigkeit. Bei einzelnen Patienten wurden sogar ganz plötzliche Schlafattacken während des Autofahrens beobachtet: Ohne sich vorher müde zu fühlen, sind sie ganz plötzlich eingeschlafen und haben dadurch Verkehrsunfälle verursacht. Daraufhin wurde heftig darüber diskutiert, ob Parkinson-Patienten überhaupt noch Auto fahren sollten.

Sie werden im Folgenden eine Strecke im Fahrsimulator fahren, die speziell für das Problem „Müdigkeit im Straßenverkehr“ gemacht wurde, aber für Müdigkeit allgemein - also nicht nur für Müdigkeit bei Parkinson-Patienten(!!!), da ja auch gesunde Autofahrer müde sein können (z.B. während einer langen Urlaubsfahrt, weil sie übernachtigt sind oder auch ohne besonderen Grund) und natürlich auch gesunde Personen bei Müdigkeit nicht vor einem Einschlafen am Steuer („Sekundenschlaf“) gefeit sind.

Für heute haben wir absichtlich eine extrem monotone und langweilige Strecke im Dunkeln gestaltet. Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Strecke allgemein sehr stark ermüdend wirkt, auch bei gesunden Testfahrern und sogar bei jungen Studenten und das auch tagsüber.

Mit der heutigen Fahrt wollen wir also gezielt das Problem Müdigkeit beim Autofahren untersuchen, wie Sie sich während der Fahrt fühlen, wie Sie Ihren eigenen Zustand beurteilen und ob Sie sich dabei von Testfahrern, die nicht an Parkinson erkrankt sind, unterscheiden.

#### **Ablauf**

Zunächst kriegen Sie natürlich erst einmal einige Fragebögen ☺.

Außerdem untersuchen wir heute Ihren Lidschlag, dazu kleben wir Ihnen nun Drahtspulen auf Ihr rechtes Ober- und Unterlid.

Vor der eigentlichen Versuchsfahrt, die etwa 60 Minuten dauern wird, machen wir jetzt noch eine etwa 10-minütige Fahrt auf einer Landstraße mit wenig Verkehr bei Tageslicht, damit Sie sich wieder an das Fahren im Simulator gewöhnen können.

Für die eigentliche Versuchsfahrt stellen Sie sich vor, Sie sind 100km von Ihrem Heimatort (Würzburg) entfernt. Es ist Nacht, Sie fahren dann also im Dunkeln und möchten

schnell nach Hause kommen. Natürlich möchten Sie aber auch sicher zu Hause ankommen, also **ohne Fahrfehler** und **ohne einzuschlafen**.

Wenn Sie nicht mehr weiterfahren können oder wenn Sie befürchten, einzuschlafen, können Sie rechts ranfahren, anhalten und eine Pause von drei Minuten einlegen. Sie dürfen zwar nicht aussteigen, können sich aber für drei Minuten im Fahrzeug entspannen. Nach Ablauf der drei Minuten befragen wir Sie kurz zu Ihrem Befinden und nach dem Grund für die Pause (Müdigkeit, Parkinson, sonstiges) und fordern Sie dann auf, weiterzufahren.

Sie dürfen diese 3-Minuten-Pausen so oft machen, wie Sie wollen und so oft Sie sie brauchen!

#### Ziel ist also

einerseits: so schnell wie möglich die 100km zurückzulegen, also nach Hause zu kommen und aber

andererseits: möglichst fehlerfrei zu fahren und nicht einzuschlafen!

Sie fahren also insgesamt 100km auf einer Landstraße im Dunkeln, es gilt die StVO.

Während der gesamten Fahrt wird ein anderes Fahrzeug vor Ihnen her fahren. Es herrscht **Überholverbot!** Ihre Aufgabe ist es, diesem anderen Fahrzeug zu folgen. Dabei sollen Sie den normalen Sicherheitsabstand einhalten und möglichst gleichmäßig in der Mitte der rechten Fahrspur bleiben. Ihre Geschwindigkeit wird damit größtenteils von dem vorausfahrenden Fahrzeug bestimmt. Wenn Sie eine Pause machen, wartet das andere Fahrzeug in einer gewissen Entfernung auf Sie. Sie brauchen also heute eigentlich gar keinen Tacho. Das ist wichtig, weil wir ihn aus technischen Gründen abgestellt haben, ebenso wie die Rück- und Außenspiegel. Auch sie werden Sie während dieser Fahrt nicht brauchen.

#### Befragung

Während der Fahrt werden wir Ihnen in regelmäßigen Abständen über Lautsprecher immer wieder die gleichen Fragen zu Ihrem Zustand stellen.

Die Befragung können wir jetzt und nach dem Einfahren schon mal üben:

Sind Sie in den letzten Minuten eingeschlafen oder weggenickt? ja, nein oder beinahe **(Wichtig ist, dass Sie ehrlich antworten!)**

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie in den nächsten paar Minuten einschlafen?

| 1                     | 2                | 3       | 4              | 5                   |
|-----------------------|------------------|---------|----------------|---------------------|
| sehr unwahrscheinlich | unwahrscheinlich | möglich | wahrscheinlich | sehr wahrscheinlich |

Auch wenn Sie Pausen einlegen, werden wir Ihnen diese Fragen stellen und Sie auch nach dem Grund für die Pause fragen.

Bitte antworten Sie so schnell wie möglich und mit wenigen Worten, wir werden nach der Fahrt ausführlich mit Ihnen über die Fahrt sprechen!

#### Nebenaufgabe

Neben der Fahraufgabe haben Sie während der gesamten Fahrt noch eine weitere Aufgabe:

In regelmäßigem Abstand erklingt ein Ton. Immer wenn ein Ton ausgelassen wird, drücken Sie bitte so schnell wie möglich eine Taste am Lenkrad, die wir Ihnen zu Beginn der Fahrt natürlich noch zeigen.

Bitte bemühen Sie sich, keinen ausgelassenen Ton zu verpassen, wobei dies aber nicht auf Kosten der Fahraufgabe gehen soll. Die Fahraufgabe hat stets Vorrang!

Auch diese Aufgabe können Sie während dem Einfahren schon mal üben.

Während der Befragung und der 3-Minuten-Pausen müssen Sie die Nebenaufgabe natürlich nicht machen!

#### Was gibt es sonst noch zu beachten?

Um die Monotonie der Fahrt zu erhalten und um Sie nicht von der Nebenaufgabe abzulenken, werden wir (mit Ausnahme der Fragen, die wir Ihnen über die Sprechanlage stellen) nicht mit Ihnen reden.

Teilen Sie uns daher bitte unaufgefordert mit, wenn Ihnen zu kalt oder zu warm ist, wir werden dann die Temperatur entsprechend ändern, ohne Ihnen aber dazu eine Rückmeldung zu geben.

Teilen Sie uns bitte ebenfalls mit, wenn sich die Lidschluss-Spulen lösen oder abfallen.

Für die Untersuchung wäre es notwendig, dass Sie die 100km ohne eine richtige Pause mit Aussteigen etc. durchhalten. Wenn es aber gar nicht mehr geht (z.B. Übelkeit, Schwäche, Toilette), können wir eine Pause machen oder die Fahrt abbrechen. Auch das teilen Sie uns bitte unaufgefordert mit.

... und natürlich gibt es nach der eigentlichen Versuchsfahrt noch jede Menge Fragebögen ☺.

#### Belohnung

Auch bei dieser Fahrt winkt wieder ein Buchgutschein zur Belohnung für den besten Parkinson-Patienten.

Derjenige Patient, der am sichersten und dabei aber auch am schnellsten zu Hause (in Würzburg) ankommt, gewinnt.

#### Wiederholen

Können Sie die wichtigsten Punkte bitte noch mal wiederholen?

- 100km fahren
- möglichst fehlerfrei, ohne einzuschlafen, aber auch so schnell wie möglich ankommen
- vorausfahrendem Fahrzeug folgen, Überholverbot
- gut in der Spur bleiben, normalen Sicherheitsabstand einhalten
- 3-Minuten-Pausen, so oft ich will
- kein Tacho
- Nebenaufgabe
- regelmäßige Befragung über Lautsprecher.

Haben Sie noch Fragen?

## 12.1.4 Instruktion zur Vigilanzfahrt für die VG

### Worum geht's heute?

Sehr viele (wenn auch nicht alle) Parkinson-Patienten leiden unter Tagesmüdigkeit. Bei einzelnen Patienten wurden sogar ganz plötzliche Schlafattacken während des Autofahrens beobachtet: Ohne sich vorher müde zu fühlen, sind sie eingeschlafen und haben dadurch Verkehrsunfälle verursacht. Daraufhin wurde heftig darüber diskutiert, ob Parkinson-Patienten überhaupt noch Auto fahren sollten.

Sie werden im Folgenden eine Strecke im Fahrsimulator fahren, die speziell für das Problem „Müdigkeit im Straßenverkehr“ entwickelt wurde, aber für Müdigkeit allgemein - also nicht nur für Müdigkeit bei Parkinson-Patienten(!!!). Denn auch Sie als gesunder Autofahrer können natürlich müde sein (z.B. während einer langen Urlaubsfahrt, weil Sie übermüht sind oder auch ohne besonderen Grund) und natürlich sind auch Sie bei Müdigkeit nicht vor einem Einschlafen am Steuer („Sekundenschlaf“) gefeit.

Für heute haben wir absichtlich eine extrem monotone und langweilige Strecke im Dunkeln gestaltet. Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Strecke allgemein sehr stark ermüdend wirkt und dass selbst Studenten, also junge Testfahrer, sehr häufig während dieser Fahrt einschlafen - auch tagsüber!

Mit der heutigen Fahrt wollen wir also gezielt das Problem Müdigkeit beim Autofahren untersuchen, insbesondere geht es uns darum, wie Sie sich während der Fahrt fühlen, wie Sie Ihren eigenen Zustand beurteilen und ob Sie sich dabei von Parkinson-Patienten unterscheiden.

### Ablauf

Zunächst kriegen Sie natürlich erst einmal einige Fragebögen ☺.

Außerdem untersuchen wir heute Ihren Lidschlag, dazu kleben wir Ihnen nun Drahtspulen auf Ihr rechtes Ober- und Unterlid.

Vor der eigentlichen Versuchsfahrt, die etwa 60 Minuten dauern wird, machen wir jetzt noch eine etwa 10-minütige Fahrt auf einer Landstraße mit wenig Verkehr bei Tageslicht, damit Sie sich wieder an das Fahren im Simulator gewöhnen können.

Für die eigentliche Versuchsfahrt stellen Sie sich vor, Sie sind 100km von Ihrem Heimatort (Würzburg) entfernt. Es ist Nacht, Sie fahren dann also im Dunkeln und möchten schnell nach Hause kommen. Natürlich möchten Sie aber auch sicher zu Hause ankommen, also **ohne Fahrfehler** und **ohne einzuschlafen**.

Wenn Sie nicht mehr weiterfahren können oder wenn Sie befürchten, einzuschlafen, können Sie rechts ranfahren, anhalten und eine Pause von drei Minuten einlegen. Sie dürfen zwar nicht aussteigen, können sich aber für drei Minuten im Fahrzeug entspannen. Nach Ablauf der drei Minuten befragen wir Sie kurz zu Ihrem Befinden und nach dem Grund für die Pause (Müdigkeit, sonstiges) und fordern Sie dann auf, weiterzufahren.

Sie dürfen diese 3-Minuten-Pausen so oft machen, wie Sie wollen und so oft Sie sie brauchen!

### Ziel ist also

einerseits: so schnell wie möglich die 100km zurückzulegen, also nach Hause zu kommen und aber

andererseits: möglichst fehlerfrei zu fahren und nicht einzuschlafen!

Sie fahren also insgesamt 100km auf einer Landstraße im Dunkeln, es gilt die StVO.

Während der gesamten Fahrt wird ein anderes Fahrzeug vor Ihnen her fahren. Es herrscht **Überholverbot!** Ihre Aufgabe ist es, diesem anderen Fahrzeug zu folgen. Dabei sollen Sie den normalen Sicherheitsabstand einhalten und möglichst gleichmäßig in der Mitte der rechten Fahrspur bleiben. Ihre Geschwindigkeit wird damit größtenteils von dem vorausfahrenden Fahrzeug bestimmt. Wenn Sie eine Pause machen, wartet das andere Fahrzeug in einer gewissen Entfernung auf Sie. Sie brauchen also heute eigentlich gar keinen Tacho. Das ist wichtig, weil wir ihn aus technischen Gründen abgestellt haben, ebenso wie die Rück- und Außenspiegel. Auch sie werden Sie während dieser Fahrt nicht brauchen.

### Befragung

Während der Fahrt werden wir Ihnen in regelmäßigen Abständen über Lautsprecher immer wieder die gleichen Fragen zu Ihrem Zustand stellen.

Die Befragung können wir jetzt und nach dem Einfahren schon mal üben:

Sind Sie in den letzten Minuten eingeschlafen oder weggenickt? ja, nein oder beinahe (**Wichtig ist, dass Sie ehrlich antworten!**)

Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie in den nächsten paar Minuten einschlafen?

| 1                     | 2                | 3       | 4              | 5                   |
|-----------------------|------------------|---------|----------------|---------------------|
| sehr unwahrscheinlich | unwahrscheinlich | möglich | wahrscheinlich | sehr wahrscheinlich |

Auch wenn Sie Pausen einlegen, werden wir Ihnen diese Fragen stellen und Sie auch nach dem Grund für die Pause fragen.

Bitte antworten Sie so schnell wie möglich und mit wenigen Worten, wir werden nach der Fahrt ausführlich mit Ihnen über die Fahrt sprechen!

### Nebenaufgabe

Neben der Fahraufgabe haben Sie während der gesamten Fahrt noch eine weitere Aufgabe:

In regelmäßigem Abstand erklingt ein Ton. Immer wenn ein Ton ausgelassen wird, drücken Sie bitte so schnell wie möglich eine Taste am Lenkrad, die wir Ihnen zu Beginn der Fahrt natürlich noch zeigen.

Bitte bemühen Sie sich, keinen ausgelassenen Ton zu verpassen, wobei dies aber nicht auf Kosten der Fahraufgabe gehen soll. Die Fahraufgabe hat stets Vorrang!

Auch diese Aufgabe können Sie während dem Einfahren schon mal üben.

Während der Befragung und der 3-Minuten-Pausen müssen Sie die Nebenaufgabe natürlich nicht machen!

**Was gibt es sonst noch zu beachten?**

Um die Monotonie der Fahrt zu erhalten und um Sie nicht von der Nebenaufgabe abzuweichen, werden wir (mit Ausnahme der Fragen, die wir Ihnen über die Sprechanlage stellen) nicht mit Ihnen reden.

Teilen Sie uns daher bitte unaufgefordert mit, wenn Ihnen zu kalt oder zu warm ist, wir werden dann die Temperatur entsprechend ändern, ohne Ihnen aber dazu eine Rückmeldung zu geben.

Teilen Sie uns bitte ebenfalls mit, wenn sich die Lidschluss-Spulen lösen oder abfallen.

Für die Untersuchung wäre es notwendig, dass Sie die 100km ohne eine richtige Pause mit Aussteigen etc. durchhalten. Wenn es aber gar nicht mehr geht (z.B. Übelkeit, Schwäche, Toilette), können wir eine Pause machen oder die Fahrt abbrechen. Auch das teilen Sie uns bitte unaufgefordert mit.

... und natürlich gibt es nach der eigentlichen Versuchsfahrt noch jede Menge Fragebögen ☺.

**Belohnung**

Auch bei dieser Fahrt winkt wieder ein Buchgutschein zur Belohnung für den besten Testfahrer.

Derjenige Testfahrer, der am sichersten und dabei aber auch am schnellsten zu Hause (in Würzburg) ankommt, gewinnt.

**Wiederholen**

Können Sie die wichtigsten Punkte bitte noch mal wiederholen?

- *100km fahren*
- *möglichst fehlerfrei, ohne einzuschlafen, aber auch so schnell wie möglich ankommen*
- *vorausfahrendem Fahrzeug folgen, Überholverbot*
- *gut in der Spur bleiben, normalen Sicherheitsabstand einhalten*
- *3-Minuten-Pausen, so oft ich will*
- *kein Tacho*
- *Nebenaufgabe*
- *regelmäßige Befragung über Lautsprecher.*

Haben Sie noch Fragen?

**12.1.5 Instruktion zum ART-2020****Was ist der ART-2020?**

Der ART-2020 (Act-React-Testsystem) ist ein Testgerät, das am Kuratorium für Verkehrssicherheit in Wien zur Diagnose von Fahreignung entwickelt wurde.

An diesem Gerät können verschiedene Fragebögen dargeboten werden (ggf.: „das haben Sie ja auch schon gemacht“), es können aber auch verschiedene Tests durchgeführt werden (wie z.B. Reaktionstests).

In zahlreichen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass durch diese Tests Fähigkeiten geprüft werden, die für das Autofahren wichtig sind. Z.B. gibt es einen Test, der untersucht, wie lange man unter monotonen Bedingungen aufmerksam sein kann, was z.B. bei langen Autobahnfahrten mit wenig Verkehr wichtig ist.

Insgesamt wird dem Test nachgesagt, dass man anhand der Ergebnisse relativ gut vorhersagen kann, wie jemand Auto fährt - zumindest gilt dies für junge, gesunde Autofahrer. In unserer Studie geht es aber speziell um die Fahrtauglichkeit von Parkinson-Patienten und auch um die Fahrtauglichkeit von älteren Autofahrern. Wir möchten daher untersuchen, ob die Tests auch geeignet sind, das Fahrverhalten von Parkinson-Patienten und älteren Fahrern zu beurteilen. Es könnte ja durchaus möglich sein, dass man zwar in den Tests nicht so gut abschneidet, aber mögliche Beeinträchtigungen durch eine jahrelange Fahrerfahrung gut ausgleichen kann.

Deshalb werden wir

- Ihre Testergebnisse damit vergleichen, wie Sie im Simulator gefahren sind,
- Sie aber auch nach *Ihrer Meinung* fragen, d.h. ob Sie die Tests zur Beurteilung von Fahrtauglichkeit für geeignet halten.

Aber: Gute und verlässliche Ergebnisse kriegen wir nur, wenn Sie sich wirklich anstrengen!

ALSO: GEBEN SIE UNBEDINGT IHR BESTES!

Dafür winkt auch eine Belohnung: Ihre Testergebnisse werden mit denen der anderen Testfahrer Ihrer Gruppe verglichen

(je nachdem Parkinson-Patienten oder Vergleichsgruppe)

**- Der/ Die Beste in jeder Gruppe erhält einen Buchgutschein im Wert von 15 €!**

**Was müssen Sie genau tun?****1. die Tests durchführen**

Im Folgenden sollen Sie also an diesem Gerät verschiedene Tests durchführen.

Auf die einzelnen Tests möchten wir jetzt vorab gar nicht genauer eingehen, stattdessen erhalten Sie dann sehr genaue Anweisungen über Kopfhörer. Bei Fragen können Sie sich natürlich jederzeit an uns wenden.

Wichtig ist, wie gesagt, dass Sie sich so sehr anstrengen wie Sie können und bestmögliche Leistungen erzielen - Sie wollen doch den Buchgutschein gewinnen!

Beachten Sie aber bitte:

Die Tests sind absichtlich so gemacht, dass es quasi unmöglich ist, alle Aufgaben richtig und in der jeweils vorgegebenen Zeit zu bewältigen.

Denn ein Test, bei dem jeder alles richtig macht, taugt nichts, genauso wie eine Prüfung, in der alle Einser schreiben, kaum etwas aussagt.

Sie können also durchaus als Beste(r) abschneiden, auch wenn Ihnen Fehler unterlaufen oder wenn Sie es nicht schaffen, alle Aufgaben zu lösen! Seien Sie dann auf keinen Fall frustriert, sondern strengen Sie sich weiter an!

## 2. die Tests beurteilen

Wichtig ist uns aber auch, dass Sie uns Ihre Meinung zu den einzelnen Tests sagen, d.h. ob Sie glauben, dass Sie zur Beurteilung von Fahrtauglichkeit geeignet sind. Dazu werden wir Sie am Ende kurz befragen.

### Worauf sollten Sie achten?

Bevor Sie mit der Testung beginnen, überprüfen Sie bitte, ob Sie eine bequeme, aber aufrechte Sitzposition haben. Hierzu können wir/ Sie den Stuhl entsprechend verstellen.

Die Anleitung zu den einzelnen Tests erhalten Sie über das Testgerät - teilweise schriftlich über den Bildschirm, teilweise aber auch mündlich. Setzen Sie daher bitte die Kopfhörer auf. Die Lautstärke können Sie am Regler selbst verändern.

In Testvorläufen hat sich gezeigt, dass es einfacher ist, nicht mit dem Stift, sondern mit den Fingern zu arbeiten. Auch wenn Sie vom Testgerät dazu angeleitet werden, arbeiten Sie nicht mit dem Stift, sondern beantworten Sie die Testaufgaben mit den Fingern!<sup>1</sup>

Im Idealfall sollten Sie die Testbatterie ohne Pause durchführen.

Wenn Sie aber Fragen zu den einzelnen Aufgaben haben, können Sie sich natürlich an uns wenden.

Auch wenn Sie auf Toilette müssen oder es Ihnen nicht gut geht, teilen Sie uns das bitte mit, wir werden dann natürlich eine Pause einlegen.

<sup>1</sup> Auf diese Weise sollten Leistungsunterschiede kontrolliert werden, die möglicherweise darauf zurückgingen, dass sich die VG bei der Bedienung des Touchscreens mit dem Stift leichter tat als die ZG.

## 12.1.6 Fragebogen zum Fahrverhalten

Durch die folgenden Fragen möchten wir erfassen, ob und inwiefern Sie das Fahren eingeschränkt haben. Bitte geben Sie bei jeder Aussage an, wie sehr diese auf Sie zutrifft:

|                                                                                  | JA             |            | NEIN       |              | Wenn JA:                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  | grund-sätzlich | wenn mögl. | eher nicht | überh. nicht |                                                                                                                                  |
| 1. Ich vermeide lange Fahrten.                                                   |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit <sup>2</sup><br><input type="checkbox"/> wegen: |
| 2. Ich vermeide Fahrten bei Dunkelheit oder schlechter Sicht.                    |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 3. Ich vermeide Fahrten bei Regen, Schnee oder Glätte.                           |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 4. Ich vermeide Fahrten in Großstädten, bei viel Verkehr oder zu Stoßzeiten.     |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 5. Ich vermeide Fahrten auf der Autobahn.                                        |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 6. Ich vermeide unbekannte Strecken.                                             |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 7. Ich fahre nur (noch) mit Beifahrer.                                           |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 8. Bei längeren Strecken mache ich viele/ lange Pausen.                          |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 9. Ich suche mir leichte Wege/ vermeide komplizierte Kreuzungen.                 |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 10. Ich fahre nur mit meinem eigenen Auto.                                       |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 11. Ich fahre nur, wenn es mir gut geht.                                         |                |            |            |              | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen:              |
| 12. Ich fahre nur, wenn meine Parkinson-Medikamente optimal wirken. <sup>3</sup> |                |            |            |              |                                                                                                                                  |

<sup>2</sup> Diese Antwortalternative wurde in einer eigenen Version für die VG nicht angeboten.

|                                                                   | JA |         | NEIN      |      | Wenn JA:                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------|----|---------|-----------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                   | ja | eher ja | eher nein | nein |                                                                                                                     |
| 13. Ich fahre besonders defensiv/ vorsichtig.                     |    |         |           |      | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen: |
| 14. Ich fahre besonders langsam/ vermeide hohe Geschwindigkeiten. |    |         |           |      | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen: |
| 15. Ich fahre besonders vorausschauend.                           |    |         |           |      | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen: |
| 16. Ich halte besonders große Sicherheitsabstände.                |    |         |           |      | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen: |
| 17. Ich überhole besonders selten.                                |    |         |           |      | <input type="checkbox"/> schon immer<br><input type="checkbox"/> wegen Krankheit<br><input type="checkbox"/> wegen: |

18. Wenn Sie eine längere Strecke fahren müssten, wie viele Stunden ununterbrochenes Fahren würden Sie sich zutrauen? \_\_\_\_\_

19. Haben Sie schon einmal eine Fahrt abgebrochen?

- noch nie  
 ja, einmal wegen (Parkinson, Müdigkeit, etc.) \_\_\_\_\_  
 ja, mehrfach wegen \_\_\_\_\_

20. Welche der folgenden Aussagen treffen auf Sie zu? (Mehrfachantworten sind möglich)

- Ich fahre zügig.  
 Ich fahre sehr sicher.  
 Ich traue mir zu, fast jede Situation zu beherrschen.  
 Ich fahre gerne Auto.  
 Ich bin manchmal unkonzentriert und unaufmerksam.  
 Ich muss gegen Müdigkeit kämpfen.  
 Das Fahren ist anstrengend.  
 Mir erscheint der Verkehr gefährlich.  
 Ich fühle mich beim Fahren manchmal unsicher.

---

<sup>3</sup> Dieses Item war nur in der Version für die ZG enthalten.

## 12.2 Ergänzende Angaben zur Stichprobe der Fall-Kontroll-Studie

Tabelle 1: Art der Begleiterkrankungen bei ZG und VG.

|                                      | Gruppe |    |        |
|--------------------------------------|--------|----|--------|
|                                      | ZG     | VG | gesamt |
| Herz-/Kreislauf                      | 3      | 3  | 6      |
| Diabetes, Schlaganfall               | 1      | 0  | 1      |
| Bandscheiben                         | 1      | 0  | 1      |
| Gicht                                | 1      | 0  | 1      |
| Hepatitis, Schilddrüse               | 1      | 0  | 1      |
| Rheuma                               | 0      | 1  | 1      |
| Apnoe (behandelt und beschwerdefrei) | 0      | 1  | 1      |

Tabelle 2: Deskriptive Statistiken zur Anzahl von Begleitmedikamenten sowie zum Sedierungspotential derselben bei ZG und VG.

|                    | Anzahl |      | Summiertes Sedierungspotential |      | Max. Sedierungspotential |      |
|--------------------|--------|------|--------------------------------|------|--------------------------|------|
|                    | ZG     | VG   | ZG                             | VG   | ZG                       | VG   |
| N                  | 24     | 24   | 16                             | 13   | 16                       | 13   |
| Mittelwert         | 1.92   | 1.13 | 2.44                           | 1.46 | 1.44                     | 1.08 |
| Median             | 1.00   | 1.00 | 2.00                           | 1.00 | 2.00                     | 1.00 |
| Standardabweichung | 2.08   | 1.30 | 1.82                           | 0.97 | 0.73                     | 0.64 |
| Minimum            | 0      | 0    | 0.00                           | 0.00 | 0.00                     | 0.00 |
| Maximum            | 7      | 4    | 6.00                           | 3.00 | 2.00                     | 2.00 |

Anmerkung. Die (Begleit-)Medikamente wurden nach einem vierstufigen Schlüssel auf ihr Sedierungspotential hin klassifiziert (0=keine, 1=selten möglich, 2=häufig, 3=üblich/erwünscht).

Tabelle 3: Art der Begleitmedikamente bei ZG und VG.

| ATC | Bezeichnung                                           | ZG             |       | VG             |       |
|-----|-------------------------------------------------------|----------------|-------|----------------|-------|
|     |                                                       | f <sub>i</sub> | %     | f <sub>i</sub> | %     |
| c07 | Betablocker                                           | 4              | 16.67 | 2              | 8.33  |
| a12 | Mineralpräparate                                      | 4              | 16.67 | 1              | 4.17  |
| c09 | Mittel, die auf das Renin-Angiotensin-System wirken   | 3              | 12.50 | 5              | 20.83 |
| a02 | Mittel bei Säure bedingten Erkrankungen               | 3              | 12.50 | 1              | 4.17  |
| n06 | Psychoanaleptika (Antidepressiva)                     | 3              | 12.50 | 1              | 4.17  |
| a11 | Vitamine                                              | 3              | 12.50 | 0              | 0.00  |
| b01 | Antithrombosemittel                                   | 2              | 8.33  | 2              | 8.33  |
| n02 | Analgetika                                            | 2              | 8.33  | 2              | 8.33  |
| c01 | Herztherapie                                          | 2              | 8.33  | 1              | 4.17  |
| a03 | Mittel bei funktionellen gastrointestinalen Störungen | 2              | 8.33  | 0              | 0.00  |
| a10 | Antidiabetika                                         | 2              | 8.33  | 0              | 0.00  |
| c03 | Diuretika                                             | 2              | 8.33  | 0              | 0.00  |
| g04 | Urologika                                             | 2              | 8.33  | 0              | 0.00  |
| m01 | Antiphlogistika und Antirheumatika                    | 2              | 8.33  | 0              | 0.00  |
| c10 | Serumlipidsenker                                      | 1              | 4.17  | 2              | 8.33  |
| h03 | Schilddrüsentherapie                                  | 1              | 4.17  | 2              | 8.33  |
| m04 | Gichttherapeutika                                     | 1              | 4.17  | 2              | 8.33  |
| c08 | Calciumkanalblocker (Calciumantagonisten)             | 1              | 4.17  | 1              | 4.17  |

|     |                                                    |   |      |   |      |
|-----|----------------------------------------------------|---|------|---|------|
| c02 | Antihypertensiva                                   | 1 | 4.17 | 0 | 0.00 |
| g03 | Sexualhormone und Modulatoren des Genitalsystems   | 1 | 4.17 | 0 | 0.00 |
| m02 | Topische Mittel gegen Gelenk- und Muskelschmerzen  | 1 | 4.17 | 0 | 0.00 |
| v03 | Alle anderen therapeutischen Produkte (Sedariston) | 1 | 4.17 | 0 | 0.00 |
| d08 | Antiseptika und Desinfektionsmittel                | 0 | 0.00 | 1 | 4.17 |

*Tabelle 4: Kriterienkombinationen zur Entscheidung für das Vorliegen von Tagesmüdigkeit.<sup>4</sup>*

| Kriterienkombination                               | f <sub>i</sub> |
|----------------------------------------------------|----------------|
| SOS in aktiven Situationen + ESS-Score > 15        | 1              |
| SOS in aktiven Situationen + ESS-Score > 10        | 3              |
| SOS in aktiven Situationen + allgemeine Äußerungen | 1              |
| Allg. Äußerungen + ESS > 10                        | 3              |
| ESS-Score > 10                                     | 1              |
| ESS-Score > 15                                     | 1              |
| Allgemeine Äußerungen                              | 2              |

Anmerkung. SOS=Sudden Onset of Sleep, ESS=Epworth Sleepiness Scale.

*Tabelle 5: Hauptsymptome in Abhängigkeit von Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit.*

|                    | H&Y1  |       | H&Y2  |       | H&Y3  |       | gesamt |    |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----|
|                    | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM | o. TM | m. TM |        |    |
| <b>Tremor</b>      |       | 2     | 1     | 1     | 1     | 1     | 2      | 8  |
| <b>Rigor</b>       |       | 0     | 2     | 0     | 1     | 0     | 1      | 4  |
| <b>Akinese</b>     |       | 2     | 0     | 1     | 1     | 2     | 0      | 6  |
| <b>Kombination</b> |       | 0     | 1     | 2     | 1     | 1     | 1      | 6  |
| <b>gesamt</b>      |       | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4      | 24 |

*Tabelle 6: Multiplikatoren zur Errechnung von Äquivalenzdosierungen für L-Dopa und Dopamin-Agonisten.*

| Medikament                                                         | Multiplikator |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| Pergolid                                                           |               |
| Pramipexol                                                         | 100           |
| Cabergolin                                                         |               |
| Ropinirol                                                          | 20            |
| Bromocriptin                                                       | 10            |
| ADHEC                                                              | 5             |
| Levodopa + Dopa-decarboxylase Inhibitor + COMT-Inhibitor Entacapon | 1.3           |
| Levodopa + Dopa-decarboxylase Inhibitor                            | 1             |
| Controlled release Levodopa + Dopa-decarboxylase Inhibitor         | 0.75          |

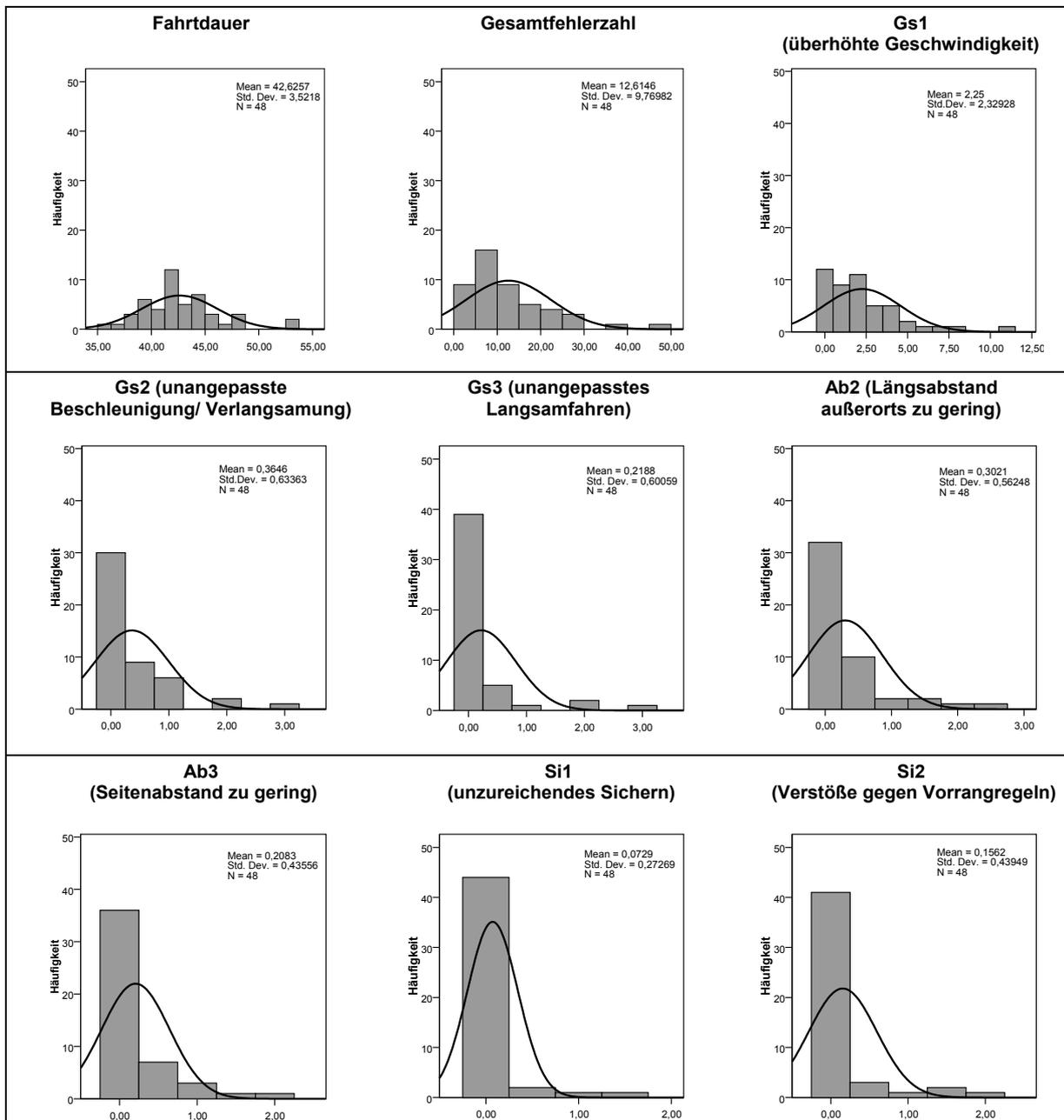
Anmerkung. Diese Faktoren entsprechen der Handhabung der Klinik für Neurologie in Marburg. Für Dopamin-Agonisten gibt es allerdings keine ausreichenden Vergleichsstudien, es handelt sich somit nur um Richtwerte.

<sup>4</sup> Zum Vergleich: Wendet man diese Kriterien auf die VG an, wären fünf gesunde Testfahrer der Gruppe mit Tagesmüdigkeit zuzuordnen gewesen (1x ESS-Score >15, 3 x Ess-Score >10, 1 x „fast immer“ tagsüber müde; zwei gesunde Testfahrer wären nicht zuordenbar gewesen, da sie über SOS in ruhigen Situationen berichteten. Diese sieben Testfahrer verteilten sich gleichmäßig auf die Untergruppen zur ZG mit vs. ohne Tagesmüdigkeit (3:4).

## 12.3 Ergänzende Grafiken und Tabellen zu den durchgeführten Analysen im Rahmen der Fall-Kontroll-Studie

### 12.3.1 Fahrverhaltensprobe - Beobachtungsdaten

#### 12.3.1.1 Verteilung und Deskriptiva zu den Parametern der Beobachtungskategorien in der Fahrt ohne Zeitdruck (FVP1)



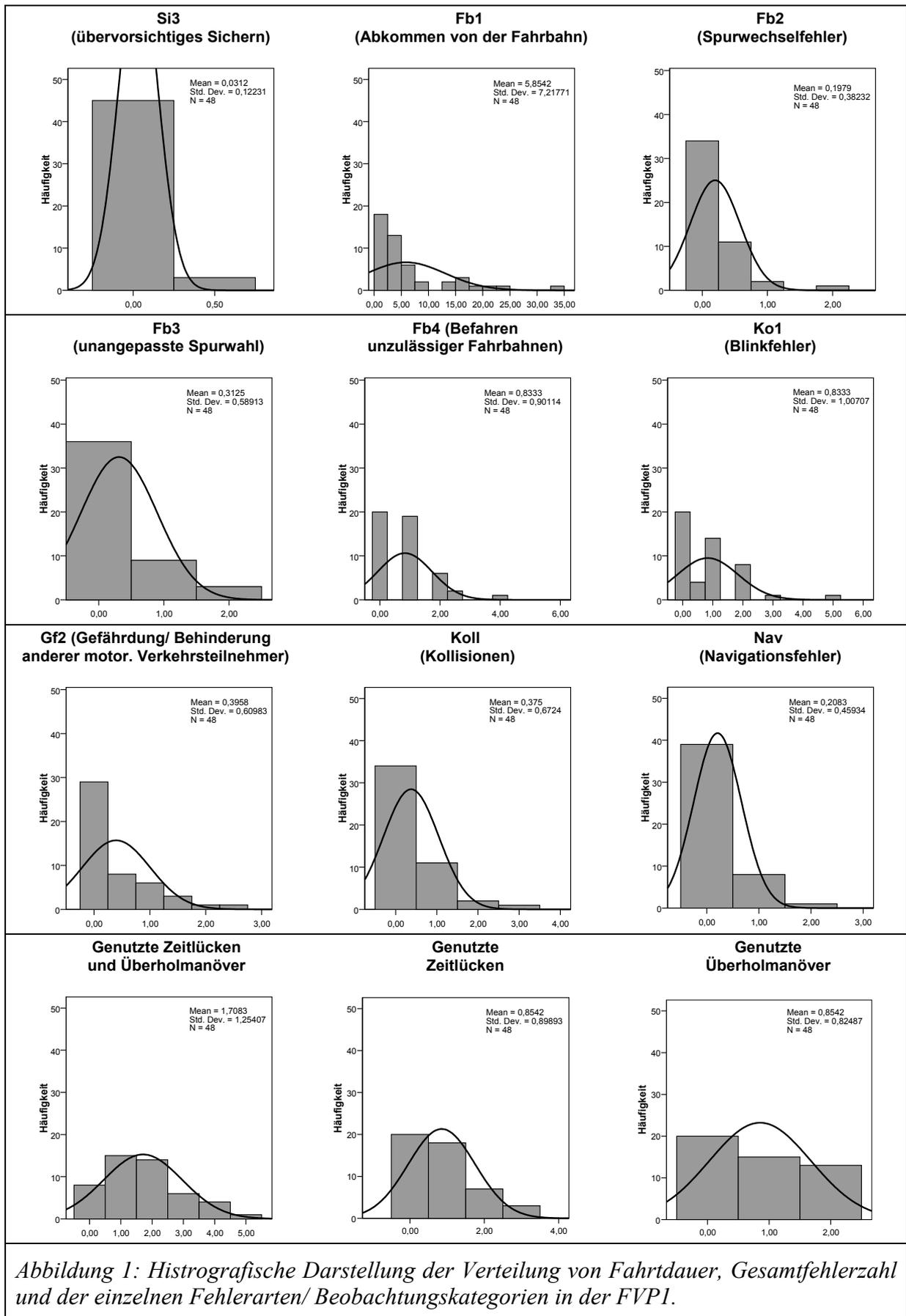
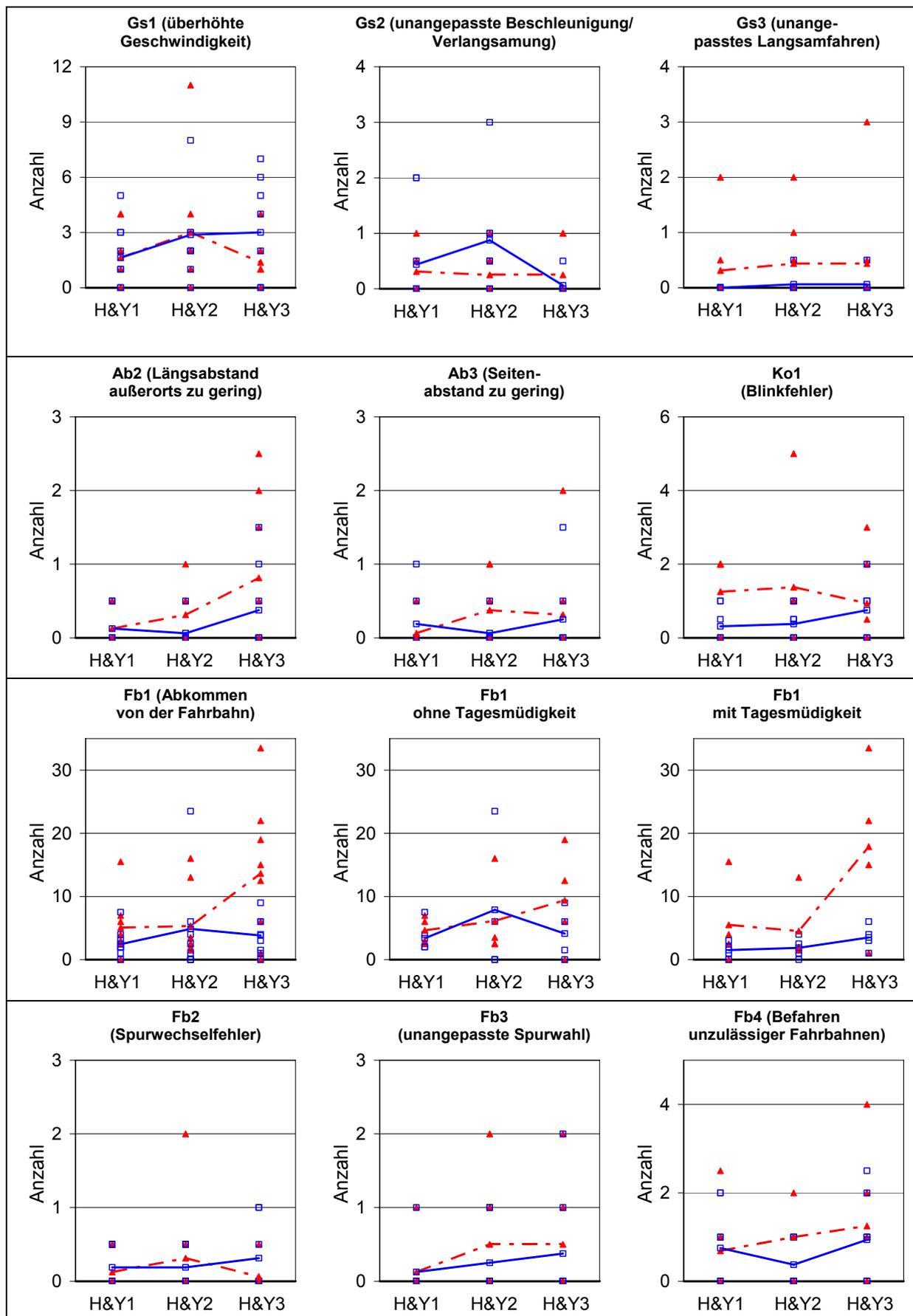
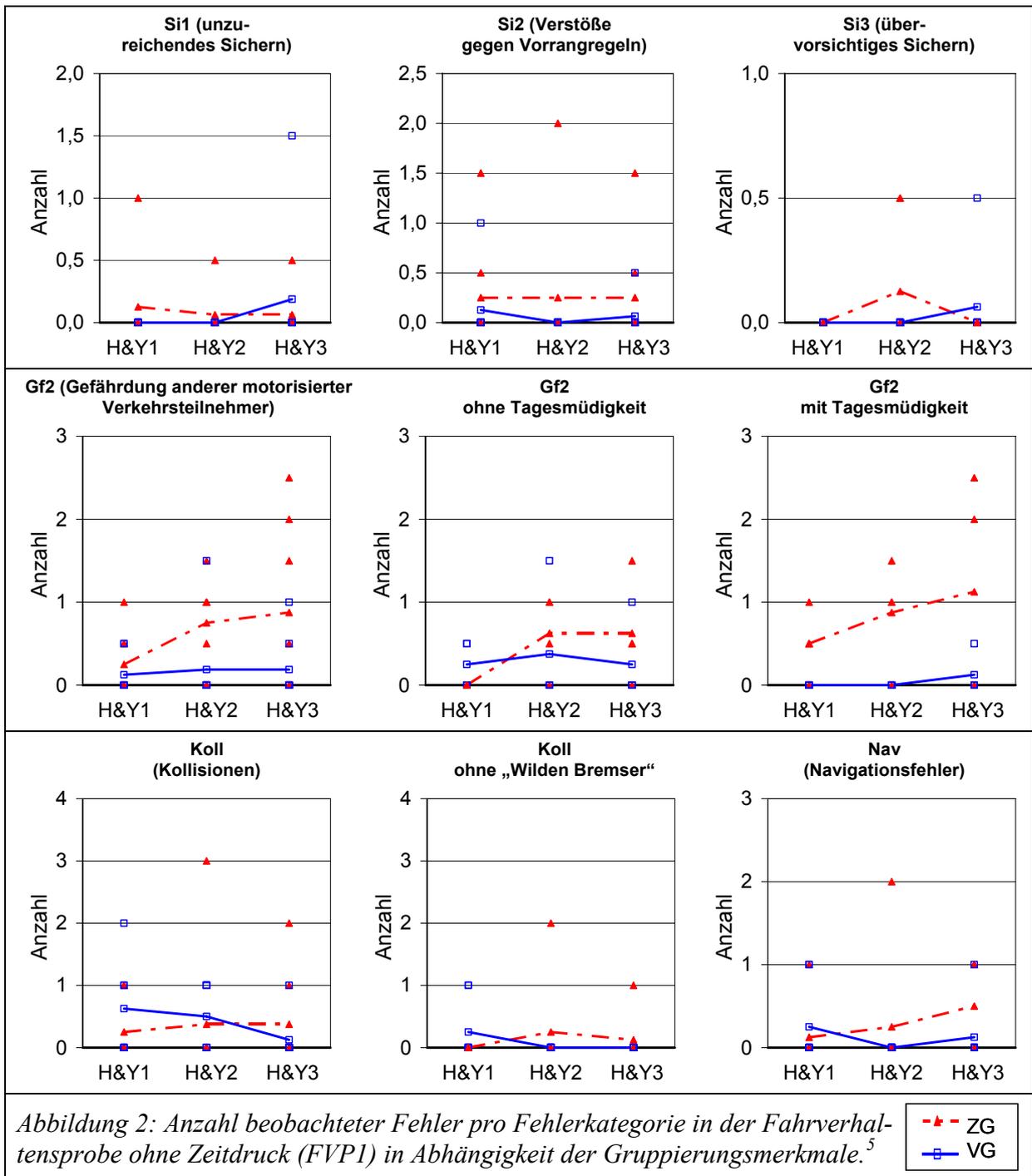


Abbildung 1: Histrografische Darstellung der Verteilung von Fahrtdauer, Gesamtfehlerzahl und der einzelnen Fehlerarten/ Beobachtungskategorien in der FVPI.





<sup>5</sup> Aus Gründen der Übersichtlichkeit findet sich eine Aufteilung nach Tagesmüdigkeit nur im Falle eines entsprechenden statistisch bedeutsamen Effekts.

## 12.3.1.2 Kontingenztafeln für die einzelnen Fehlerkategorien in der FVP1

Tabelle 7: Unangemessene Beschleunigung/ Verlangsamung (Gs2) bei ZG und VG.

| Gruppe | Gs2-Fehler/ Unsicherheit |      |        |       |
|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| ZG     | Anzahl                   | 15   | 9      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 15.0 | 9.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 62.5 | 37.5   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | 0    | 0      |       |
| VG     | Anzahl                   | 15   | 9      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 15.0 | 9.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 62.5 | 37.5   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | 0    | 0      |       |
| gesamt | Anzahl                   | 30   | 18     | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 30.0 | 18.0   | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 62.5 | 37.5   | 100.0 |

$X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{asymptotisch})=1.000$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 9.00.

Tabelle 8: Unangepasstes Langsamfahren (Gs3) bei ZG und VG.

| Gruppe | Gs3-Fehler/ Unsicherheit |      |        |       |
|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| ZG     | Anzahl                   | 17   | 7      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 19.5 | 4.5    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 70.8 | 29.2   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | -.6  | 1.2    |       |
| VG     | Anzahl                   | 22   | 2      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 19.5 | 4.5    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 91.7 | 8.3    | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | .6   | -1.2   |       |
| gesamt | Anzahl                   | 39   | 9      | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 39.0 | 9.0    | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 81.3 | 18.7   | 100.0 |

$X^2(1)=3.42$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.064$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 4.50.

Tabelle 9: Längsabstand außerorts zu gering (Ab2) bei ZG und VG.

| Gruppe | Ab2-Fehler/ Unsicherheit |      |        |       |
|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| ZG     | Anzahl                   | 14   | 10     | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 16.0 | 8.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 58.3 | 41.7   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | -.5  | .7     |       |
| VG     | Anzahl                   | 18   | 6      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 16.0 | 8.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 75.0 | 25.0   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | .5   | -.7    |       |
| gesamt | Anzahl                   | 32   | 16     | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 32.0 | 16.0   | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 66.7 | 33.3   | 100.0 |

$X^2(1)=1.50$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.221$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 8.00.

Tabelle 10: Längsabstand außerorts zu gering (Ab2) bei ZG und VG geschichtet nach Tagesmüdigkeit.

| TM                       | Gruppe | Ab2-Fehler/ Unsicherheit |        |             |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|-------------|-------|
|                          |        | nein                     | ja     | gesamt      |       |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 9      | 3           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 9.0    | 3.0         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0        | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 0      | 0           |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 9      | 3           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 9.0    | 3.0         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0        | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 0      | 0           |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 18     | 6           | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 18.0   | 6.0         | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0        | 100.0 |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl | 5           | 7     |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 7.0    | 5.0         | 12.0  |
| % von Gruppe             |        |                          | 41.7   | <b>58.3</b> | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | -0.8   | <b>0.9</b>  |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 9      | 3           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.0    | 5.0         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | <b>25.0</b> | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 0.8    | <b>-0.9</b> |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 14     | 10          | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 14.0   | 10.0        | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 58.3   | 41.7        | 100.0 |

o. TM:  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.00;

m. TM:  $X^2(1)=2.74$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.098$ , 0 Zellen (0.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 5.00.

Tabelle 11: Seitenabstand zu gering (Ab3) bei ZG und VG.

| Gruppe | Ab3-Fehler/ Unsicherheit |      |        |       |
|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| ZG     | Anzahl                   | 17   | 7      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 18.0 | 6.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 70.8 | 29.2   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | -.2  | .4     |       |
| VG     | Anzahl                   | 19   | 5      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 18.0 | 6.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 79.2 | 20.8   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | .2   | -.4    |       |
| gesamt | Anzahl                   | 36   | 12     | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 36.0 | 12.0   | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 75.0 | 25.0   | 100.0 |

$X^2(1)=.44$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.505$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 6.00.

Tabelle 12: Spurwechselfehler (Fb2) bei ZG und VG.

| Gruppe | Fb2-Fehler/ Unsicherheit |      |        |       |
|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| ZG     | Anzahl                   | 19   | 5      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 17.0 | 7.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 79.2 | 20.8   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | .5   | -.8    |       |
| VG     | Anzahl                   | 15   | 9      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 17.0 | 7.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 62.5 | 37.5   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | -.5  | .8     |       |
| gesamt | Anzahl                   | 34   | 14     | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 34.0 | 14.0   | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 70.8 | 29.2   | 100.0 |

$X^2(1)=1.61$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.204$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 7.00.

Tabelle 13: Spurwechselfehler (Fb2) bei ZG und VG geschichtet nach Tagesmüdigkeit.

| TM                       | Gruppe | Fb2-Fehler/ Unsicherheit |        |        |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------|-------|
|                          |        | nein                     | ja     | gesamt |       |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 11     | 1      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 8.0    | 4.0    | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 91.7   | 8.3    | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 1.1    | -1.5   |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 5      | 7      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 8.0    | 4.0    | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 41.7%  | 58.3   | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -1.1   | 1.5    |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 16     | 8      | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 16.0   | 8.0    | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 66.7   | 33.3   | 100.0 |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl | 8      | 4     |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 9.0    | 3.0    | 12.0  |
| % von Gruppe             |        |                          | 66.7   | 33.3   | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | -.3    | .6     |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 10     | 2      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 9.0    | 3.0    | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 83.3   | 16.7   | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .3     | -.6    |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 18     | 6      | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 18.0   | 6.0    | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0   | 100.0 |

o. TM:  $X^2(1)=6.75$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.009$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 4.00.

m. TM:  $X^2(1)=.89$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.346$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.00.

Tabelle 14 : Unangepasste Spurwahl (Fb3) bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Fb3-Fehler/ Unsicherheit |      |        |
|--------|--------------------------|--------------------------|------|--------|
|        |                          | nein                     | ja   | gesamt |
| ZG     | Anzahl                   | 17                       | 7    | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 18.0                     | 6.0  | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 70.8                     | 29.2 | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -.2                      | .4   |        |
| VG     | Anzahl                   | 19                       | 5    | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 18.0                     | 6.0  | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 79.2                     | 20.8 | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | .2                       | -.4  |        |
| gesamt | Anzahl                   | 36                       | 12   | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 36.0                     | 12.0 | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 75.0                     | 25.0 | 100.0  |

$\chi^2(1)=.44$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.505$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 6.00.

Tabelle 15: Befahren unzulässiger Fahrbahnen (Fb4) bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Fb4-Fehler/ Unsicherheit |          |       | gesamt |
|--------|--------------------------|--------------------------|----------|-------|--------|
|        |                          | nein                     | $\leq 1$ | $> 1$ |        |
| ZG     | Anzahl                   | 8                        | 11       | 5     | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 10.0                     | 9.5      | 4.5   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 33.3                     | 45.8     | 20.8  | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -.6                      | .5       | .2    |        |
| VG     | Anzahl                   | 12                       | 8        | 4     | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 10.0                     | 9.5      | 4.5   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 50.0                     | 33.3     | 16.7  | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | .6                       | -.5      | -.2   |        |
| gesamt | Anzahl                   | 20                       | 19       | 9     | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.0                     | 19.0     | 9.0   | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 41.7                     | 39.6     | 18.8  | 100.0  |

$\chi^2(2)=1.39$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.500$ , 2 Zellen (33,3%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 4.50.

Tabelle 16: Fehlendes, nicht ausreichendes oder verzögertes Sichern (Si1) bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Si1-Fehler/ Unsicherheit |      | gesamt |
|--------|--------------------------|--------------------------|------|--------|
|        |                          | nein                     | ja   |        |
| ZG     | Anzahl                   | 21                       | 3    | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 22.0                     | 2.0  | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 87.5                     | 12.5 | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -.2                      | .7   |        |
| VG     | Anzahl                   | 23                       | 1    | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 22.0                     | 2.0  | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 95.8                     | 4.2  | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | .2                       | -.7  |        |
| gesamt | Anzahl                   | 44                       | 4    | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 44.0                     | 4.0  | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 91.7                     | 8.3  | 100.0  |

$\chi^2(1)=1.09$ ,  $p(\text{exakt})=.609$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

Tabelle 17: Verkehrsverstöße gegenüber Vorrangregeln (Si2) bei ZG und VG.

| Gruppe | Si2-Fehler/ Unsicherheit |      |        |       |
|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| ZG     | Anzahl                   | 19   | 5      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.5 | 3.5    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 79.2 | 20.8   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | -.3  | .8     |       |
| VG     | Anzahl                   | 22   | 2      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.5 | 3.5    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 91.7 | 8.3    | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | .3   | -.8    |       |
| gesamt | Anzahl                   | 41   | 7      | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 41.0 | 7.0    | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 85.4 | 14.6   | 100.0 |

$X^2(1)=1.51$ ,  $p(\text{exakt})=.416$ , 2 Zellen (50,0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.50.

Tabelle 18: Übervorsichtiges Sichern (Si3) bei ZG und VG.

| Gruppe | Si3-Fehler/ Unsicherheit |      |        |       |
|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| ZG     | Anzahl                   | 22   | 2      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 22.5 | 1.5    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 91.7 | 8.3    | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | -.1  | .4     |       |
| VG     | Anzahl                   | 23   | 1      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 22.5 | 1.5    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 95.8 | 4.2    | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | .1   | -.4    |       |
| gesamt | Anzahl                   | 45   | 3      | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 45.0 | 3.0    | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 93.8 | 6.3    | 100.0 |

$X^2(1)=.36$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

Tabelle 19 : Kollisionen bei ZG und VG.

| Gruppe | Koll                     |      |        |       |
|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| ZG     | Anzahl                   | 19   | 5      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 17.0 | 7.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 79.2 | 20.8   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | .5   | -.8    |       |
| VG     | Anzahl                   | 15   | 9      | 24    |
|        | Erwartete Anzahl         | 17.0 | 7.0    | 24.0  |
|        | % von Gruppe             | 62.5 | 37.5   | 100.0 |
|        | Standardisierte Residuen | -.5  | .8     |       |
| gesamt | Anzahl                   | 34   | 14     | 48    |
|        | Erwartete Anzahl         | 34.0 | 14.0   | 48.0  |
|        | % von Gruppe             | 70.8 | 29.2   | 100.0 |

$X^2(1)=1.61$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.204$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 7.00.

Tabelle 20: Kollisionen bei ZG und VG geschichtet nach Tagesmüdigkeit.

| TM                       | Gruppe | Koll                     |        |      | gesamt |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|------|--------|
|                          |        | nein                     | ja     |      |        |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 10     | 2    | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 8.0    | 4.0  | 12.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 83.3   | 16.7 | 100.0  |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .7     | -1.0 |        |
|                          | VG     | Anzahl                   | 6      | 6    | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 8.0    | 4.0  | 12.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 50.0   | 50.0 | 100.0  |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.7    | 1.0  |        |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 16     | 8    | 24     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 16.0   | 8.0  | 24.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 66.7   | 33.3 | 100.0  |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl | 9    | 3      |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 9.0    | 3.0  | 12.0   |
| % von Gruppe             |        |                          | 75.0   | 25.0 | 100.0  |
| Standardisierte Residuen |        |                          | .0     | .0   |        |
| VG                       |        | Anzahl                   | 9      | 3    | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 9.0    | 3.0  | 12.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0 | 100.0  |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .0     | .0   |        |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 18     | 6    | 24     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 18.0   | 6.0  | 24.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0 | 100.0  |

o. TM:  $X^2(1)=3.00$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.083$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 4.00.

m. TM:  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.00.

Tabelle 21 : Fehlendes, verzögertes oder verfrühtes Blinken (Ko1) bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Ko1-Fehler/ Unsicherheit |          |       | gesamt |
|--------|--------------------------|--------------------------|----------|-------|--------|
|        |                          | nein                     | $\leq 1$ | $> 1$ |        |
| ZG     | Anzahl                   | 8                        | 7        | 9     | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 10.0                     | 9.0      | 5.0   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 33.3                     | 29.2     | 37.5  | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -.6                      | -.7      | 1.8   |        |
| VG     | Anzahl                   | 12                       | 11       | 1     | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 10.0                     | 9.0      | 5.0   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 50.0                     | 45.8     | 4.2   | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | .6                       | .7       | -1.8  |        |
| gesamt | Anzahl                   | 20                       | 18       | 10    | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.0                     | 18.0     | 10.0  | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 41.7                     | 37.5     | 20.8  | 100.0  |

$X^2(2)=8.09$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.018$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 5.00.

Tabelle 22 : Fehlendes, verzögertes oder verfrühtes Blinken (Ko1) bei ZG und VG geschichtet nach Krankheitsschwere.

| H&Y                      | Gruppe                   | Ko1-Fehler/ Unsicherheit |        |             | gesamt      |       |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|-------------|-------------|-------|
|                          |                          | nein                     | <=1    | >1          |             |       |
| 1                        | ZG                       | Anzahl                   | 3      | 0           | 5           | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 4.0    | 1.5         | 2.5         | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 37.5   | .0          | <b>62.5</b> | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.5    | -1.2        | <b>1.6</b>  |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 5      | 3           | 0           | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 4.0    | 1.5         | 2.5         | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 62.5   | <b>37.5</b> | .0          | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .5     | <b>1.2</b>  | -1.6        |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 8      | 3           | 5           | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 8.0    | 3.0         | 5.0         | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 18.8        | 31.3        | 100.0 |
|                          | 2                        | ZG                       | Anzahl | 1           | 6           | 1     |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 2.5    | 5.0         | .5          | 8.0   |
| % von Gruppe             |                          |                          | 12.5   | 75.0        | 12.5        | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | -.9    | .4          | .7          |       |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 4      | 4           | 0           | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.5    | 5.0         | .5          | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 50.0        | .0          | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .9     | -.4         | -.7         |       |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 5      | 10          | 1           | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 5.0    | 10.0        | 1.0         | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe             | 31.3   | 62.5        | 6.3         | 100.0 |
| 3                        |                          | ZG                       | Anzahl | 4           | 1           | 3     |
|                          | Erwartete Anzahl         |                          | 3.5    | 2.5         | 2.0         | 8.0   |
|                          | % von Gruppe             |                          | 50.0   | 12.5        | 37.5        | 100.0 |
|                          | Standardisierte Residuen |                          | .3     | -.9         | .7          |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 3      | 4           | 1           | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 3.5    | 2.5         | 2.0         | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 37.5   | 50.0        | 12.5        | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.3    | .9          | -.7         |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 7      | 5           | 4           | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 7.0    | 5.0         | 4.0         | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe             | 43.8   | 31.3        | 25.0        | 100.0 |

H&Y1:  $X^2(2)=8.500$ ,  $p(\text{exakt})=.019$ , 6 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

H&Y2:  $X^2(2)=3.200$ ,  $p(\text{exakt})=.282$ , 4 Zellen (66.7%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist .50.

H&Y3:  $X^2(2)=2.943$ ,  $p(\text{exakt})=.326$ , 6 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

Tabelle 23: Fehlendes, verzögertes oder verfrühtes Blinken (Ko1) bei ZG und VG geschichtet nach Tagesmüdigkeit.

| TM                       | Gruppe | Ko1-Fehler/ Unsicherheit |        |      | gesamt      |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|------|-------------|-------|
|                          |        | nein                     | <=1    | >1   |             |       |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 5      | 4    | 3           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.5    | 4.0  | 1.5         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 41.7   | 33.3 | 25.0        | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.6    | .0   | 1.2         |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 8      | 4    | 0           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.5    | 4.0  | 1.5         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 66.7   | 33.3 | .0          | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .6     | .0   | -1.2        |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 13     | 8    | 3           | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 13.0   | 8.0  | 3.0         | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 54.2   | 33.3 | 12.5        | 100.0 |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl | 3    | 3           | 6     |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 3.5    | 5.0  | 3.5         | 12.0  |
| % von Gruppe             |        |                          | 25.0   | 25.0 | <b>50.0</b> | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | -.3    | -.9  | <b>1.3</b>  |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 4      | 7    | 1           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 3.5    | 5.0  | 3.5         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 33.3   | 58.3 | <b>8.3</b>  | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .3     | .9   | <b>-1.3</b> |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 7      | 10   | 7           | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.0    | 10.0 | 7.0         | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 29.2   | 41.7 | 29.2        | 100.0 |

o. TM:  $X^2(2)=3.692$ ,  $p(\text{exakt})=.209$ , 4 Zellen (66.7%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

m. TM:  $X^2(2)=5.314$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.070$ , 4 Zellen (66.7%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.50.

Tabelle 24 : Fehlendes, verzögertes oder verfrühtes Blinken (Ko1) bei ZG und VG geschichtet nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit.

| Gruppe                   |               | Ko1-Fehler/ Unsicherheit |        |      | gesamt       |       |
|--------------------------|---------------|--------------------------|--------|------|--------------|-------|
|                          |               | nein                     | <=1    | >1   |              |       |
| H&Y1<br>o. TM            | ZG            | Anzahl                   | 3      |      | 1            | 4     |
|                          |               | Erwartete Anzahl         | 3.5    |      | 0.5          | 4.0   |
|                          |               | % von Gruppe             | 75.0   |      | 25.0         | 100.0 |
|                          |               | Standardisierte Residuen | -.27   |      | .71          |       |
|                          | VG            | Anzahl                   | 4      |      | 0            | 4     |
|                          |               | Erwartete Anzahl         | 3.5    |      | 0.5          | 4.0   |
|                          |               | % von Gruppe             | 100.0  |      | 0.0          | 100.0 |
|                          |               | Standardisierte Residuen | .3     |      | -.7          |       |
|                          | gesamt        | Anzahl                   | 7      |      | 1            | 8     |
|                          |               | Erwartete Anzahl         | 7.0    |      | 1.0          | 8.0   |
|                          |               | % von Gruppe             | 87.5   |      | 12.5         | 100.0 |
|                          | H&Y1<br>m. TM | ZG                       | Anzahl | 0    | 0            | 4     |
| Erwartete Anzahl         |               |                          | 0.5    | 1.5  | 2.0          | 4.0   |
| % von Gruppe             |               |                          | 0.0    | 0.0  | <b>100.0</b> | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |               |                          | -.7    | -1.2 | <b>1.4</b>   |       |
| VG                       |               | Anzahl                   | 1      | 3    | 0            | 4     |
|                          |               | Erwartete Anzahl         | 0.5    | 1.5  | 2.0          | 4.0   |
|                          |               | % von Gruppe             | 25.0   | 75.0 | <b>0.0</b>   | 100.0 |
|                          |               | Standardisierte Residuen | .7     | 1.2  | <b>-1.4</b>  |       |
| gesamt                   |               | Anzahl                   | 1      | 3    | 4            | 8     |
|                          |               | Erwartete Anzahl         | 1.0    | 3.0  | 4.0          | 8.0   |
|                          |               | % von Gruppe             | 12.5   | 37.5 | 50.0         | 100.0 |

|                          |                          |                          |        |       |       |       |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|-------|-------|-------|
| H&Y2<br>o. TM            | ZG                       | Anzahl                   | 0      | 4     | 4     |       |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 1.0    | 3.0   | 4.0   |       |
|                          |                          | % von Gruppe             | 0.0    | 100.0 | 100.0 |       |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -1.0   | .6    |       |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 2      | 2     | 4     |       |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 1.0    | 3.0   | 4.0   |       |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 50.0  | 100.0 |       |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | 1.0    | -.6   |       |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 2      | 6     | 8     |       |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.0    | 6.0   | 8.0   |       |
|                          |                          | % von Gruppe             | 25.0   | 75.0  | 100.0 |       |
|                          | H&Y2<br>m. TM            | ZG                       | Anzahl | 1     | 2     | 1     |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 1.5    | 2.0   | 0.5   | 4.0   |
| % von Gruppe             |                          |                          | 25.0   | 50.0  | 25.0  | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | -.4    | .0    | .7    |       |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 2      | 2     | 0     | 4     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 1.5    | 2.0   | 0.5   | 4.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 50.0  | 0.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .4     | .0    | -.7   |       |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 3      | 4     | 1     | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 3.0    | 4.0   | 1.0   | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 37.5   | 50.0  | 12.5  | 100.0 |
| H&Y3<br>o. TM            |                          | ZG                       | Anzahl | 2     | 0     | 2     |
|                          | Erwartete Anzahl         |                          | 2.0    | 1.0   | 1.0   | 4.0   |
|                          | % von Gruppe             |                          | 50.0   | 0.0   | 50.0  | 100.0 |
|                          | Standardisierte Residuen |                          | .0     | -1.0  | 1.0   |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 2      | 2     | 0     | 4     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.0    | 1.0   | 1.0   | 4.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 50.0  | 0.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .0     | 1.0   | -1.0  |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 4      | 2     | 2     | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 4.0    | 2.0   | 2.0   | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 25.0  | 25.0  | 100.0 |
|                          | H&Y3<br>m. TM            | ZG                       | Anzahl | 2     | 1     | 1     |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 1.5    | 1.5   | 1.0   | 4.0   |
| % von Gruppe             |                          |                          | 50.0   | 25.0  | 25.0  | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | .4     | -.4   | .0    |       |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 1      | 2     | 1     | 4     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 1.5    | 1.5   | 1.0   | 4.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 25.0   | 50.0  | 25.0  | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.4    | .4    | .0    |       |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 3      | 3     | 2     | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 3.0    | 3.0   | 2.0   | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 37.5   | 37.5  | 25.0  | 100.0 |

H&Y1 o. TM:  $X^2(2)=1.14$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 4 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 0.50.

H&Y1 m. TM:  $X^2(2)=8.00$ ,  $p(\text{exakt})=.029$ , 6 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 0.50.

H&Y2 o. TM:  $X^2(2)=2.67$ ,  $p(\text{exakt})=.429$ , 4 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.00.

H&Y2 m. TM:  $X^2(2)=1.33$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 6 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 0.50.

H&Y3 o. TM:  $X^2(2)=4.00$ ,  $p(\text{exakt})=.200$ , 6 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.00.

H&Y3 m. TM:  $X^2(2)=0.67$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 6 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.00.

Tabelle 25 : Navigationsfehler bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Nav  |      |        |
|--------|--------------------------|------|------|--------|
|        |                          | nein | ja   | gesamt |
| ZG     | Anzahl                   | 18   | 6    | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 19.5 | 4.5  | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 75.0 | 25.0 | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -.3  | .7   |        |
| VG     | Anzahl                   | 21   | 3    | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 19.5 | 4.5  | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 87.5 | 12.5 | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | .3   | -.7  |        |
| gesamt | Anzahl                   | 39   | 9    | 48     |
|        | Erwartete Anzahl         | 39.0 | 9.0  | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 81.3 | 18.8 | 100.0  |

$X^2(1)=1.231$ ,  $p(\text{exakt})=.461$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 4.50.

### 12.3.1.3 Kontingenztafeln zur Anzahl von Überholmanövern und zur Nutzung von Zeitlücken in der FVP1

Tabelle 26 : Anzahl erlaubter Überholmanöver bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Überholmanöver |       |       | gesamt |
|--------|--------------------------|----------------|-------|-------|--------|
|        |                          | 0              | 1     | 2     |        |
| ZG     | Anzahl                   | 15             | 7     | 2     | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 10.0           | 7.5   | 6.5   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 62.5           | 29.2  | 8.3   | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | 1.6            | -.2   | -1.8  |        |
| VG     | Anzahl                   | 5              | 8     | 11    | 24.000 |
|        | Erwartete Anzahl         | 10.0           | 7.5   | 6.5   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 20.8           | 33.3  | 45.8  | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -1.6           | .2    | 1.8   |        |
| gesamt | Anzahl                   | 20             | 15.00 | 13.00 | 48.000 |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.0           | 15.0  | 13.0  | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 41.7           | 31.3  | 27.1  | 100.0  |

$X^2(2)=11.30$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.004$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 6.50.

Tabelle 27 : Anzahl erlaubter Überholmanöver bei ZG und VG geschichtet nach Krankheits-schwere.

| H&Y | Gruppe |                          | Überholmanöver |      |      | gesamt |
|-----|--------|--------------------------|----------------|------|------|--------|
|     |        |                          | 0              | 1    | 2    |        |
| 1   | ZG     | Anzahl                   | 3              | 3    | 2    | 8      |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 2.0            | 3.0  | 3.0  | 8.0    |
|     |        | % von Gruppe             | 37.5           | 37.5 | 25.0 | 100.0  |
|     |        | Standardisierte Residuen | .7             | .0   | -.6  |        |
|     | VG     | Anzahl                   | 1              | 3    | 4    | 8      |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 2.0            | 3.0  | 3.0  | 8.0    |
|     |        | % von Gruppe             | 12.5           | 37.5 | 50.0 | 100.0  |
|     |        | Standardisierte Residuen | -.7            | .0   | .6   |        |
|     | gesamt | Anzahl                   | 4              | 6    | 6    | 16     |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 4.0            | 6.0  | 6.0  | 16.0   |
|     |        | % von Gruppe             | 25.0           | 37.5 | 37.5 | 100.0  |

|                          |        |                          |        |      |             |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|------|-------------|-------|
| 2                        | ZG     | Anzahl                   | 6      | 2    | 0           | 8     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 3.5    | 2.5  | 2.0         | 8.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0 | <b>0.0</b>  | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 1.3    | -.3  | <b>-1.4</b> |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 1      | 3    | 4           | 8     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 3.5    | 2.5  | 2.0         | 8.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 12.5   | 37.5 | <b>50.0</b> | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -1.3   | .3   | <b>1.4</b>  |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 7      | 5    | 4           | 16    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.0    | 5.0  | 4.0         | 16.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 43.8   | 31.3 | 25.0        | 100.0 |
|                          | 3      | ZG                       | Anzahl | 6.0  | 2.0         | 0.0   |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 4.5    | 2.0  | 1.5         | 8.0   |
| % von Gruppe             |        |                          | 75.0   | 25.0 | 0.0         | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | .7     | .0   | -1.2        |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 3      | 2    | 3           | 8     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 4.5    | 2.0  | 1.5         | 8.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 37.5   | 25.0 | 37.5        | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.7    | .0   | 1.2         |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 9      | 4    | 3           | 16    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 9.0    | 4.0  | 3.0         | 16.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 56.3   | 25.0 | 18.8        | 100.0 |

H&Y1:  $X^2(2)=1.67$ ,  $p(\text{exakt})=.604$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

H&Y2:  $X^2(2)=7.77$ ,  $p(\text{exakt})=.024$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

H&Y3:  $X^2(2)=4.00$ ,  $p(\text{exakt})=.256$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

Tabelle 28: Anzahl erlaubter Überholmanöver bei ZG und VG geschichtet nach Tagesmüdigkeit.

| TM                       | Gruppe | Überholmanöver           |             |             |             |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------|
|                          |        | 0                        | 1           | 2           | gesamt      |       |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 10          | 0           | 2           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.0         | 2.0         | 4.0         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | <b>83.3</b> | 0.0         | 16.7        | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | <b>1.6</b>  | -1.4        | -1.0        |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 2           | 4           | 6           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.0         | 2.0         | 4.0         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 16.7        | <b>33.3</b> | <b>50.0</b> | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -1.6        | <b>1.4</b>  | <b>1.0</b>  |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 12          | 4           | 8           | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 12.0        | 4.0         | 8.0         | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 50.0        | 16.7        | 33.3        | 100.0 |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl      | 5           | 7           | 0     |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 4.0         | 5.5         | 2.5         | 12.0  |
| % von Gruppe             |        |                          | 41.7        | 58.3        | <b>0.0</b>  | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | .5          | .6          | <b>-1.6</b> |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 3           | 4           | 5           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 4.0         | 5.5         | 2.5         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 25.0        | 33.3        | <b>41.7</b> | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.5         | -.6         | <b>1.6</b>  |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 8           | 11          | 5           | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 8.0         | 11.0        | 5.0         | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 33.3        | 45.8        | 20.8        | 100.0 |

o. TM:  $X^2(2)=11.33$ ,  $p(\text{exakt})=.003$ , 4 Zellen (66.7%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

m. TM:  $X^2(2)=6.32$ ,  $p(\text{exakt})=.067$ , 4 Zellen (66.7%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.50.

Tabelle 29: Anzahl erlaubter Überholmanöver bei ZG und VG geschichtet nach Krankheits-schwere und Tagesmüdigkeit.

| Gruppe                   |                          | Überholmanöver           |        |      |        |       |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|------|--------|-------|
|                          |                          | 0                        | 1      | 2    | gesamt |       |
| H&Y1<br>o. TM            | ZG                       | Anzahl                   | 2      | 0    | 2      | 4     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 1.0    | 1.0  | 2.0    | 4.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 0.0  | 50.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | 1.0    | -1.0 | .0     |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 0      | 2    | 2      | 4     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 1.0    | 1.0  | 2.0    | 4.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 0.0    | 50.0 | 50.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -1.0   | 1.0  | .0     |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 2      | 2    | 4      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.0    | 2.0  | 4.0    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 25.0   | 25.0 | 50.0   | 100.0 |
|                          | H&Y1<br>m. TM            | ZG                       | Anzahl | 1    | 3      | 0     |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 1.0    | 2.0  | 1.0    | 4.0   |
| % von Gruppe             |                          |                          | 25.0   | 75.0 | 0.0    | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | .0     | .7   | -1.0   |       |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 1      | 1    | 2      | 4     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 1.0    | 2.0  | 1.0    | 4.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 25.0   | 25.0 | 50.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .0     | -0.7 | 1.0    |       |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 2      | 4    | 2      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.0    | 4.0  | 2.0    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 25.0   | 50.0 | 25.0   | 100.0 |
| H&Y2<br>o. TM            |                          | ZG                       | Anzahl | 4    | 0      | 0     |
|                          | Erwartete Anzahl         |                          | 2.0    | 0.5  | 1.5    | 4.0   |
|                          | % von Gruppe             |                          | 100.0  | 0.0  | 0.0    | 100.0 |
|                          | Standardisierte Residuen |                          | 1.4    | -0.7 | -1.2   |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 0      | 1    | 3      | 4     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.0    | 0.5  | 1.5    | 4.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 0.0    | 25.0 | 75.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -1.4   | 0.7  | 1.2    |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 4      | 1    | 3      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 4.0    | 1.0  | 3.0    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 12.5 | 37.5   | 100.0 |
|                          | H&Y2<br>m. TM            | ZG                       | Anzahl | 2    | 2      | 0     |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 1.5    | 2.0  | 0.5    | 4.0   |
| % von Gruppe             |                          |                          | 50.0   | 50.0 | 0.0    | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | .4     | .0   | -.7    |       |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 1      | 2    | 1      | 4     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 1.5    | 2.0  | 0.5    | 4.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 25.0   | 50.0 | 25.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.4    | .0   | .7     |       |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 3      | 4    | 1      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 3.0    | 4.0  | 1.0    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 37.5   | 50.0 | 12.5   | 100.0 |

|               |        |                          |       |      |      |       |
|---------------|--------|--------------------------|-------|------|------|-------|
| H&Y3<br>o. TM | ZG     | Anzahl                   | 4     | 0    | 0    | 4     |
|               |        | Erwartete Anzahl         | 3.0   | 0.5  | 0.5  | 4.0   |
|               |        | % von Gruppe             | 100.0 | 0.0  | 0.0  | 100.0 |
|               |        | Standardisierte Residuen | .6    | -.7  | -.7  |       |
|               | VG     | Anzahl                   | 2     | 1    | 1    | 4     |
|               |        | Erwartete Anzahl         | 3.0   | 0.5  | 0.5  | 4.0   |
|               |        | % von Gruppe             | 50.0  | 25.0 | 25.0 | 100.0 |
|               |        | Standardisierte Residuen | -.6   | .7   | .7   |       |
|               | gesamt | Anzahl                   | 6     | 1    | 1    | 8     |
|               |        | Erwartete Anzahl         | 6.0   | 1.0  | 1.0  | 8.0   |
|               |        | % von Gruppe             | 75.0  | 12.5 | 12.5 | 100.0 |
|               |        |                          |       |      |      |       |
| H&Y3<br>m. TM | ZG     | Anzahl                   | 2     | 2    | 0    | 4     |
|               |        | Erwartete Anzahl         | 1.5   | 1.5  | 1.0  | 4.0   |
|               |        | % von Gruppe             | 50.0  | 50.0 | 0.0  | 100.0 |
|               |        | Standardisierte Residuen | .4    | .4   | -1.0 |       |
|               | VG     | Anzahl                   | 1     | 1    | 2    | 4     |
|               |        | Erwartete Anzahl         | 1.5   | 1.5  | 1.0  | 4.0   |
|               |        | % von Gruppe             | 25.0  | 25.0 | 50.0 | 100.0 |
|               |        | Standardisierte Residuen | -.4   | -.4  | 1.0  |       |
|               | gesamt | Anzahl                   | 3     | 3    | 2    | 8     |
|               |        | Erwartete Anzahl         | 3.0   | 3.0  | 2.0  | 8.0   |
|               |        | % von Gruppe             | 37.5  | 37.5 | 25.0 | 100.0 |
|               |        |                          |       |      |      |       |

H&Y1 o. TM:  $X^2(2)=4.00$ ,  $p(\text{exakt})=.200$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.00.

H&Y1 m. TM:  $X^2(2)=3.00$ ,  $p(\text{exakt})=.657$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.00.

H&Y2 o. TM:  $X^2(2)=8.00$ ,  $p(\text{exakt})=.029$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 0.50.

H&Y2 m. TM:  $X^2(2)=1.33$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 0.50.

H&Y3 o. TM:  $X^2(2)=2.67$ ,  $p(\text{exakt})=.429$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 0.50.

H&Y3 m. TM:  $X^2(2)=2.67$ ,  $p(\text{exakt})=.486$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.00.

Tabelle 30 : Anzahl genutzter Zeitlücken bei ZG und VG.

| Gruppe |                          | Zeitlücken |       |       | gesamt |
|--------|--------------------------|------------|-------|-------|--------|
|        |                          | 0          | 1     | 2-3   |        |
| ZG     | Anzahl                   | 7          | 12    | 5     | 24     |
|        | Erwartete Anzahl         | 10.0       | 9.0   | 5.0   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 29.2       | 50.0  | 20.8  | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | -.9        | 1.0   | .0    |        |
| VG     | Anzahl                   | 13         | 6     | 5     | 24.000 |
|        | Erwartete Anzahl         | 10.0       | 9.0   | 5.0   | 24.0   |
|        | % von Gruppe             | 54.2       | 25.0  | 20.8  | 100.0  |
|        | Standardisierte Residuen | .9         | -1.0  | .0    |        |
| gesamt | Anzahl                   | 20         | 18.00 | 10.00 | 48.000 |
|        | Erwartete Anzahl         | 20.0       | 18.0  | 10.0  | 48.0   |
|        | % von Gruppe             | 41.7       | 37.5  | 20.8  | 100.0  |

$X^2(2)=3.80$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.150$ , 0 Zellen (0.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 5.00.

Tabelle 31 : Anzahl genutzter Zeitlücken bei ZG und VG geschichtet nach Krankheitsschwere.

| H&Y                      | Gruppe                   | Zeitlücken               |        |      |        |       |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|------|--------|-------|
|                          |                          | 0                        | 1      | 2-3  | gesamt |       |
| 1                        | ZG                       | Anzahl                   | 1      | 7    | 0      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.0    | 4.5  | 1.5    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 12.5   | 87.5 | 0.0    | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.7    | 1.2  | -1.2   |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 3      | 2    | 3      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.0    | 4.5  | 1.5    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 37.5   | 25.0 | 37.5   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .7     | -1.2 | 1.2    |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 4      | 9    | 3      | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 4.0    | 9.0  | 3.0    | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe             | 25.0   | 56.3 | 18.8   | 100.0 |
|                          | 2                        | ZG                       | Anzahl | 4    | 2      | 2     |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 5.0    | 2.0  | 1.0    | 8.0   |
| % von Gruppe             |                          |                          | 50.0   | 25.0 | 25.0   | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | -.4    | .0   | 1.0    |       |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 6      | 2    | 0      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 5.0    | 2.0  | 1.0    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0 | 0.0    | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .4     | .0   | -1.0   |       |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 10     | 4    | 2      | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 10.0   | 4.0  | 2.0    | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe             | 62.5   | 25.0 | 12.5   | 100.0 |
| 3                        |                          | ZG                       | Anzahl | 2    | 3      | 3     |
|                          | Erwartete Anzahl         |                          | 3.0    | 2.5  | 2.5    | 8.0   |
|                          | % von Gruppe             |                          | 25.0   | 37.5 | 37.5   | 100.0 |
|                          | Standardisierte Residuen |                          | -.6    | .3   | .3     |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 4      | 2    | 2      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 3.0    | 2.5  | 2.5    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0   | 25.0 | 25.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .6     | -.3  | -.3    |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 6      | 5    | 5      | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 6.0    | 5.0  | 5.0    | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe             | 37.5   | 31.3 | 31.3   | 100.0 |

H&Y1:  $X^2(2)=6.78$ ,  $p(\text{exakt})=.060$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

H&Y2:  $X^2(2)=2.40$ ,  $p(\text{exakt})=.504$ , 4 Zellen (66.7%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.00.

H&Y3:  $X^2(2)=1.07$ ,  $p(\text{exakt})=.689$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.50.

## 12.3.1.4 Kontingenztafeln zum abschließenden Testleiterurteil

Tabelle 32: Testleiterurteil zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten bei der Fahrverhaltensprobe für ZG und VG geschichtet nach Krankheitsschwere.

| H&Y                      | Gruppe                   | Auffälligkeiten          |             |                           | gesamt |       |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|---------------------------|--------|-------|
|                          |                          | keine                    | vereinzelte | nicht unerh./<br>schwerw. |        |       |
| 1                        | ZG                       | Anzahl                   | 6           | 2                         | 8      |       |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 6.0         | 2.0                       | 8.0    |       |
|                          |                          | % von Gruppe             | 75.0        | 25.0                      | 100.0  |       |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .0          | .0                        |        |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 6           | 2                         | 8      |       |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 6.0         | 2.0                       | 8.0    |       |
|                          |                          | % von Gruppe             | 75.0        | 25.0                      | 100.0  |       |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .0          | .0                        |        |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 12          | 4                         | 16     |       |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 12.0        | 4.0                       | 16.0   |       |
|                          |                          | % von Gruppe             | 75.0        | 25.0                      | 100.0  |       |
|                          | 2                        | ZG                       | Anzahl      | 2                         | 4      | 2     |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 4.5         | 2.5                       | 1.0    | 8.0   |
| % von Gruppe             |                          |                          | 25.0        | 50.0                      | 25.0   | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | -1.2        | .9                        | 1.0    |       |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 7           | 1                         | 0      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 4.5         | 2.5                       | 1.0    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 87.5        | 12.5                      | 0.0    | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | 1.2         | -9                        | -1.0   |       |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 9           | 5                         | 2      | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 9.0         | 5.0                       | 2.0    | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe             | 56.3        | 31.3                      | 12.5   | 100.0 |
| 3                        |                          | ZG                       | Anzahl      | 0                         | 5      | 3     |
|                          | Erwartete Anzahl         |                          | 2.5         | 4.0                       | 1.5    | 8.0   |
|                          | % von Gruppe             |                          | 0.0         | 62.5                      | 37.5   | 100.0 |
|                          | Standardisierte Residuen |                          | -1.6        | .5                        | 1.2    |       |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 5           | 3                         | 0      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 2.5         | 4.0                       | 1.5    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe             | 62.5        | 37.5                      | 0.0    | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | 1.6         | -.5                       | -1.2   |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 5           | 8                         | 3      | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 5.0         | 8.0                       | 3.0    | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe             | 31.3        | 50.0                      | 18.8   | 100.0 |

H&Y1:  $X^2(2)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ , die minimale  $e_j$  ist 2.00.

H&Y2:  $X^2(2)=6.58$ ,  $p(\text{exakt})=.054$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ , die minimale  $e_j$  ist 1.00.

H&Y3:  $X^2(2)=8.50$ ,  $p(\text{exakt})=.019$ , 6 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ , die minimale  $e_j$  ist 1.50.

Tabelle 33: Testleiterurteil zu Auffälligkeiten im Fahrverhalten bei der Fahrverhaltensprobe für ZG und VG geschichtet nach Tagesmüdigkeit.

| TM                       | Gruppe | Auffälligkeiten          |             |                           | gesamt |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|-------------|---------------------------|--------|-------|
|                          |        | keine                    | vereinzelte | nicht unerh./<br>schwerw. |        |       |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 4           | 6                         | 2      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.0         | 5.0                       | 1.0    | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 33.3        | 50.0                      | 16.7   | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.8         | .4                        | 1.0    |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 8           | 4                         | 0      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.0         | 5.0                       | 1.0    | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 66.7        | 33.3                      | 0.0    | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .8          | -.4                       | -1.0   |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 12          | 10                        | 2      | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 12.0        | 10.0                      | 2.0    | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 50.0        | 41.7                      | 8.3    | 100.0 |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl      | 4                         | 5      | 3     |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 7.0         | 3.5                       | 1.5    | 12.0  |
| % von Gruppe             |        |                          | 33.3        | 41.7                      | 25.0   | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | -1.1        | .8                        | 1.2    |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 10          | 2                         | 0      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.0         | 3.5                       | 1.5    | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 83.3        | 16.7                      | 0.0    | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 1.1         | -.8                       | -1.2   |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 14          | 7                         | 3      | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 14.0        | 7.0                       | 3.0    | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 58.3        | 29.2                      | 12.5   | 100.0 |

o. TM:  $X^2(2)=3.73$ ,  $p(\text{exakt})=.203$ , 2 Zellen (33.3%) haben eine  $e_j < 5$ , die minimale  $e_j$  ist 1.00.

m. TM:  $X^2(2)=6.86$ ,  $p(\text{exakt})=.038$ , 4 Zellen (66.7%) haben eine  $e_j < 5$ , die minimale  $e_j$  ist 1.50.

## 12.3.1.5 Analysen zum Vergleich der Bedingungen ohne (FVP1a) und mit (FVP2) Zeitdruck

*Tabelle 34: Varianzanalysen zur Prüfung einer unterschiedlichen Wirkung des Zeitdrucks auf Fahrdauer, Fahrfehler und die einzelnen Beobachtungskategorien in Abhängigkeit der Gruppierungsmerkmale. Getestet wurden jeweils die aus den Bedingungen mit und ohne Zeitdruck gebildeten Differenzen.*

| Quelle                   | Variable            | QS            | df       | MQ            | F           | p           |
|--------------------------|---------------------|---------------|----------|---------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>Fahrdauer</b>    | <b>14.93</b>  | <b>1</b> | <b>14.93</b>  | <b>5.33</b> | <b>.033</b> |
|                          | <b>Gesamtfehler</b> | <b>249.80</b> | <b>1</b> | <b>249.80</b> | <b>3.77</b> | <b>.068</b> |
|                          | Gs1                 | 6.02          | 1        | 6.02          | 0.53        | .474        |
|                          | Gs3                 | <b>0.75</b>   | <b>1</b> | <b>0.75</b>   | <b>3.13</b> | <b>.094</b> |
|                          | Fb1                 | <b>150.52</b> | <b>1</b> | <b>150.52</b> | <b>5.61</b> | <b>.029</b> |
|                          | Fb4                 | 0.13          | 1        | 0.13          | 0.31        | .585        |
|                          | Koll                | 0.52          | 1        | 0.52          | 1.32        | .266        |
|                          | Nav                 | 0.19          | 1        | 0.19          | 1.59        | .224        |
|                          | Zeitl./ Überholen   | 0.52          | 1        | 0.52          | 0.55        | .469        |
| <b>PD * Schwere</b>      | <b>Fahrdauer</b>    | 2.19          | 2        | 1.10          | 0.39        | .681        |
|                          | <b>Gesamtfehler</b> | 172.16        | 2        | 86.08         | 1.30        | .297        |
|                          | Gs1                 | 19.04         | 2        | 9.52          | 0.85        | .446        |
|                          | Gs3                 | 0.13          | 2        | 0.06          | 0.26        | .773        |
|                          | Fb1                 | 68.14         | 2        | 34.07         | 1.27        | .305        |
|                          | Fb4                 | 1.14          | 2        | 0.57          | 1.35        | .285        |
|                          | Nav                 | 0.13          | 2        | 0.06          | 0.53        | .598        |
|                          | Koll                | <b>2.79</b>   | <b>2</b> | <b>1.40</b>   | <b>3.53</b> | <b>.051</b> |
|                          | Zeitl./ Überholen   | 0,29          | 2        | 0,15          | 0,15        | ,859        |
| <b>PD * TM</b>           | <b>Fahrdauer</b>    | 0.05          | 1        | 0.05          | 0.02        | .896        |
|                          | <b>Gesamtfehler</b> | 26.26         | 1        | 26.26         | 0.40        | .537        |
|                          | Gs1                 | 1.02          | 1        | 1.02          | 0.09        | .767        |
|                          | Gs3                 | 0.19          | 1        | 0.19          | 0.78        | .388        |
|                          | Fb1                 | 21.33         | 1        | 21.33         | 0.80        | .384        |
|                          | Fb4                 | 0.05          | 1        | 0.05          | 0.11        | .743        |
|                          | Koll                | 1.02          | 1        | 1.02          | 2.58        | .126        |
|                          | Nav                 | 0.02          | 1        | 0.02          | 0.18        | .679        |
|                          | Zeitl./ Überholen   | 0.52          | 1        | 0.52          | 0.55        | .469        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | <b>Fahrdauer</b>    | 4.73          | 2        | 2.37          | 0.85        | .446        |
|                          | <b>Gesamtfehler</b> | 20.64         | 2        | 10.32         | 0.16        | .857        |
|                          | Gs1                 | 26.79         | 2        | 13.40         | 1.19        | .327        |
|                          | Gs3                 | 0.38          | 2        | 0.19          | 0.78        | .472        |
|                          | Fb1                 | 1.45          | 2        | 0.72          | 0.03        | .973        |
|                          | Fb4                 | 1.22          | 2        | 0.61          | 1.44        | .262        |
|                          | Koll                | 1.04          | 2        | 0.52          | 1.32        | .293        |
|                          | Nav                 | 0.04          | 2        | 0.02          | 0.18        | .840        |
|                          | Zeitl./ Überholen   | <b>7.04</b>   | <b>2</b> | <b>3.52</b>   | <b>3.70</b> | <b>.045</b> |
| <b>Fehler(PD)</b>        | <b>Fahrdauer</b>    | 50.38         | 18       | 2.80          |             |             |
|                          | <b>Gesamtfehler</b> | 1191.78       | 18       | 66.21         |             |             |
|                          | Gs1                 | 202.63        | 18       | 11.26         |             |             |
|                          | Gs3                 | 4.31          | 18       | 0.24          |             |             |
|                          | Fb1                 | 482.56        | 18       | 26.81         |             |             |
|                          | Fb4                 | 7.59          | 18       | 0.42          |             |             |
|                          | Koll                | 7.13          | 18       | 0.40          |             |             |
|                          | Nav                 | 2.13          | 18       | 0.12          |             |             |
| Zeitl./ Überholen        | 17.13               | 18            | 0.95     |               |             |             |

### 12.3.2 Fahrverhaltensprobe - aufgezeichnete Fahrdaten

Tabelle 35: Varianzanalysen zu Parametern der Längsregelung bei der Anfahrt an das „Hindernis“ für die Bedingungen ohne (FVP1a) und mit Zeitdruck (FVP2) sowie die aus beiden Bedingungen gebildeten Differenzen.

| Quelle            | Variable         | FVP1a    |    |         |       |       | FVP2      |    |          |      |      | Differenz (FVP2-FVP1a) |    |          |       |       |
|-------------------|------------------|----------|----|---------|-------|-------|-----------|----|----------|------|------|------------------------|----|----------|-------|-------|
|                   |                  | QS       | df | MQ      | F     | p     | QS        | df | MQ       | F    | p    | QS                     | df | MQ       | F     | p     |
| PD                | km/h bei Gas weg | 787.14   | 1  | 787.14  | 18.76 | <.001 | 10.32     | 1  | 10.32    | 0.28 | .606 | 617.18                 | 1  | 617.18   | 18.16 | <.001 |
|                   | Ort Gas weg      | 5667.53  | 1  | 5667.53 | 2.85  | .109  | 4240.75   | 1  | 4240.75  | 0.53 | .477 | 103.27                 | 1  | 103.27   | 0.01  | .923  |
|                   | Ort min. Geschw. | 90.02    | 1  | 90.02   | 0.86  | .367  | 162.28    | 1  | 162.28   | 1.31 | .267 | 10.57                  | 1  | 10.57    | 0.10  | .753  |
| PD * Schwere      | km/h bei Gas weg | 105.80   | 2  | 52.90   | 1.26  | .307  | 43.49     | 2  | 21.75    | 0.58 | .570 | 32.14                  | 2  | 16.07    | 0.47  | .631  |
|                   | Ort Gas weg      | 10495.03 | 2  | 5247.52 | 2.64  | .099  | 47096.39  | 2  | 23548.19 | 2.93 | .079 | 14904.73               | 2  | 7452.36  | 0.69  | .516  |
|                   | Ort min. Geschw. | 41.82    | 2  | 20.91   | 0.20  | .821  | 155.47    | 2  | 77.73    | 0.63 | .545 | 113.16                 | 2  | 56.58    | 0.55  | .587  |
| PD * TM           | km/h bei Gas weg | 123.61   | 1  | 123.61  | 2.95  | .103  | 13.52     | 1  | 13.52    | 0.36 | .556 | 218.88                 | 1  | 218.88   | 6.44  | .021  |
|                   | Ort Gas weg      | 261.19   | 1  | 261.19  | 0.13  | .721  | 5107.10   | 1  | 5107.10  | 0.64 | .436 | 7678.20                | 1  | 7678.20  | 0.71  | .412  |
|                   | Ort min. Geschw. | 12.36    | 1  | 12.36   | 0.12  | .736  | 34.74     | 1  | 34.74    | 0.28 | .603 | 88.52                  | 1  | 88.52    | 0.86  | .367  |
| PD * Schwere * TM | km/h bei Gas weg | 218.77   | 2  | 109.38  | 2.61  | .101  | 37.01     | 2  | 18.50    | 0.49 | .618 | 153.12                 | 2  | 76.56    | 2.25  | .134  |
|                   | Ort Gas weg      | 2326.51  | 2  | 1163.26 | 0.58  | .568  | 23377.60  | 2  | 11688.80 | 1.45 | .260 | 13552.56               | 2  | 6776.28  | 0.62  | .547  |
|                   | Ort min. Geschw. | 34.88    | 2  | 17.44   | 0.17  | .848  | 88.02     | 2  | 44.01    | 0.36 | .705 | 226.62                 | 2  | 113.31   | 1.10  | .355  |
| Fehler(PD)        | km/h bei Gas weg | 755.41   | 18 | 41.97   |       |       | 674.34    | 18 | 37.46    |      |      | 611.58                 | 18 | 33.98    |       |       |
|                   | Ort Gas weg      | 35844.38 | 18 | 1991.35 |       |       | 144733.97 | 18 | 8040.78  |      |      | 195553.96              | 18 | 10864.11 |       |       |
|                   | Ort min. Geschw. | 1892.61  | 18 | 105.15  |       |       | 2226.08   | 18 | 123.67   |      |      | 1857.70                | 18 | 103.21   |       |       |

Tabelle 36: Nach Krankheitsschwere geschichtete Kontingenztafel zum Erreichen des Vordermanns im Szenario „Car Follow“ bei den Fahrten ohne (FVP1a) und mit Zeitdruck (FVP2).

| H&Y                      | Gruppe                   | FVP1a                    |          | FVP2           |          |             |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|----------------|----------|-------------|
|                          |                          | nicht erreicht           | erreicht | nicht erreicht | erreicht |             |
| 1                        | ZG                       | Anzahl                   | 7        | 1              | 3        | 5           |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 5.5      | 2.5            | 2.0      | 6.0         |
|                          |                          | % von Gruppe             | 87.5     | 12.5           | 37.5     | 62.5        |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | .6       | -.9            | .7       | -.4         |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 4        | 4              | 1        | 7           |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 5.5      | 2.5            | 2.0      | 6.0         |
|                          |                          | % von Gruppe             | 50.0     | 50.0           | 12.5     | 87.5        |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.6      | .9             | -.7      | 0.4         |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 11       | 5              | 4        | 12          |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 11.0     | 5.0            | 4.0      | 12.0        |
|                          |                          | % von Gruppe             | 68.8     | 31.3           | 25.0     | 75.0        |
|                          | 2                        | ZG                       | Anzahl   | 8              | 0        | 6           |
| Erwartete Anzahl         |                          |                          | 7.0      | 1.0            | 3.5      | 4.5         |
| % von Gruppe             |                          |                          | 100.0    | 0.0            | 75.0     | <b>25.0</b> |
| Standardisierte Residuen |                          |                          | .4       | -1.0           | 1.3      | <b>-1.2</b> |
| VG                       |                          | Anzahl                   | 6        | 2              | 1        | 7           |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 7.0      | 1.0            | 3.5      | 4.5         |
|                          |                          | % von Gruppe             | 75.0     | 25.0           | 12.5     | <b>87.5</b> |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.4      | 1.0            | -1.3     | <b>1.2</b>  |
| gesamt                   |                          | Anzahl                   | 14       | 2              | 7        | 9           |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 14.0     | 2.0            | 7.0      | 9.0         |
|                          |                          | % von Gruppe             | 87.5     | 12.5           | 43.8     | 56.3        |
| 3                        |                          | ZG                       | Anzahl   | 8              | 0        | 5           |
|                          | Erwartete Anzahl         |                          | 7.5      | 0.5            | 4.0      | 4.0         |
|                          | % von Gruppe             |                          | 100.0    | 0.0            | 62.5     | 37.5        |
|                          | Standardisierte Residuen |                          | .2       | -.7            | .5       | -0.5        |
|                          | VG                       | Anzahl                   | 7        | 1              | 3        | 5           |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 7.5      | 0.5            | 4.0      | 4.0         |
|                          |                          | % von Gruppe             | 87.5     | 12.5           | 37.5     | 62.5        |
|                          |                          | Standardisierte Residuen | -.2      | .7             | -.5      | 0.5         |
|                          | gesamt                   | Anzahl                   | 15       | 1              | 8        | 8           |
|                          |                          | Erwartete Anzahl         | 15.0     | 1.0            | 8.0      | 8.0         |
|                          |                          | % von Gruppe             | 93.8     | 6.3            | 50.0     | 50.0        |

H&Y1: FVP1a:  $X^2(1)=2.62$ ,  $p(\text{exakt})=.282$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.50;

FVP2:  $X^2(1)=1.33$ ,  $p(\text{exakt})=.569$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

H&Y2: FVP1a:  $X^2(1)=2.29$ ,  $p(\text{exakt})=.467$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.00;

FVP2:  $X^2(1)=6.35$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.012$ , 4 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.50.

H&Y3: FVP1a:  $X^2(1)=1.07$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.50;

FVP2:  $X^2(1)=1.00$ ,  $p(\text{exakt})=.317$ , 4 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 4.00.

Tabelle 37: Nach Tagesmüdigkeit geschichtete Kontingenztafel zum Erreichen des Vordermanns im Szenario „Car Follow“ bei den Fahrten ohne (FVP1a) und mit Zeitdruck (FVP2).

| TM                       | Gruppe | FVP1a                    |          | FVP2           |             |      |
|--------------------------|--------|--------------------------|----------|----------------|-------------|------|
|                          |        | nicht erreicht           | erreicht | nicht erreicht | erreicht    |      |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 11       | 1              | 7           | 5    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 10.5     | 1.5            | 4.5         | 7.5  |
|                          |        | % von Gruppe             | 91.7     | 8.3            | <b>58.3</b> | 41.7 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .2       | -.4            | <b>1.2</b>  | -0.9 |
|                          | VG     | Anzahl                   | 10       | 2              | 2           | 10   |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 10.5     | 1.5            | 4.5         | 7.5  |
|                          |        | % von Gruppe             | 83.3     | 16.7           | <b>16.7</b> | 83.3 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.2      | .4             | <b>-1.2</b> | 0.9  |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 21       | 3              | 9           | 15   |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 21.0     | 3.0            | 9.0         | 15.0 |
|                          |        | % von Gruppe             | 87.5     | 12.5           | 37.5        | 62.5 |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl   | 12             | 0           | 7    |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 9.5      | 2.5            | 5.0         | 7.0  |
| % von Gruppe             |        |                          | 100.0    | <b>0.0</b>     | 58.3        | 41.7 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | .8       | <b>-1.6</b>    | .9          | -0.8 |
| VG                       |        | Anzahl                   | 7        | 5              | 3           | 9    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 9.5      | 2.5            | 5.0         | 7.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 58.3     | <b>41.7</b>    | 25.0        | 75.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.8      | <b>1.6</b>     | -.9         | 0.8  |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 19       | 5              | 10          | 14   |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 19.0     | 5.0            | 10.0        | 14.0 |
|                          |        | % von Gruppe             | 79.2     | 20.8           | 41.7        | 58.3 |

o. TM: FVP1a:  $X^2(1)=0.38$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 1.50;

FVP2:  $X^2(1)=4.44$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.035$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 4.50.

m. TM: FVP1a:  $X^2(1)=6.32$ ,  $p(\text{exakt})=.037$ , 2 Zellen (50%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.50;

FVP2:  $X^2(1)=2.74$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.098$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 5.00.

Tabelle 38: Nach Krankheitsschwere geschichtete Kontingenztafel zur Kollision mit dem „Wilden Bremsen“ unter Zeitdruck (FVP2).

| H&Y | Gruppe | gebremst                 | kollidiert  | gesamt |       |
|-----|--------|--------------------------|-------------|--------|-------|
| 1   | ZG     | Anzahl                   | 5           | 2      | 7     |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 3.3         | 3.7    | 7.0   |
|     |        | % von Gruppe             | <b>71.4</b> | 28.6   | 100.0 |
|     |        | Standardisierte Residuen | <b>1.0</b>  | -.9    |       |
|     | VG     | Anzahl                   | 2           | 6      | 8     |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 3.7         | 4.3    | 8.0   |
|     |        | % von Gruppe             | <b>25.0</b> | 75.0   | 100.0 |
|     |        | Standardisierte Residuen | <b>-.9</b>  | .8     |       |
|     | gesamt | Anzahl                   | 7           | 8      | 15    |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 7.0         | 8.0    | 15.0  |
|     |        | % von Gruppe             | 46.7        | 53.3   | 100.0 |

|                          |        |                          |        |      |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|------|-------|
| 2                        | ZG     | Anzahl                   | 1      | 5    | 6     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 3.0    | 3.0  | 6.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 16.7   | 83.3 | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -1.2   | 1.2  |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 6      | 2    | 8     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 4.0    | 4.0  | 8.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0 | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 1.0    | -1.0 |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 7      | 7    | 14    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.0    | 7.0  | 14.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 50.0   | 50.0 | 100.0 |
|                          | 3      | ZG                       | Anzahl | 4    | 4     |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 3.7    | 4.3  | 8.0   |
| % von Gruppe             |        |                          | 50.0   | 50.0 | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | .1     | -.1  |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 3      | 4    | 7     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 3.3    | 3.7  | 7.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 42.9   | 57.1 | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -.1    | .1   |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 7      | 8    | 15    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 7.0    | 8.0  | 15.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 46.7   | 53.3 | 100.0 |

H&Y1:  $X^2(1)=3.23$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.072$ , 4 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.27.

H&Y2:  $X^2(1)=4.67$ ,  $p(\text{exakt})=.103$ , 4 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.00.

H&Y3:  $X^2(1)=0.08$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.782$ , 4 Zellen (100%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.27.

### 12.3.3 Vigilanzfahrt

Tabelle 39: Varianzanalysen zur Standardabweichung der Geschwindigkeit in der Vigilanzfahrt. Dargestellt sind die Analysen zum ersten und zum letzten Viertel der Fahrt sowie die Analysen zu den aus beiden Vierteln gebildeten Differenzen.

| Quelle            | Variable                  | QS    | df | MQ   | F    | p    |
|-------------------|---------------------------|-------|----|------|------|------|
| PD                | km/h(SD) im 1. Viertel    | 0.41  | 1  | 0.41 | 0.59 | .452 |
|                   | km/h (SD) im 4. Viertel   | 0.18  | 1  | 0.18 | 0.11 | .739 |
|                   | Differenz (4.-1. Viertel) | 0.05  | 1  | 0.05 | 0.05 | .829 |
| PD * Schwere      | km/h(SD) im 1. Viertel    | 0.88  | 2  | 0.44 | 0.64 | .540 |
|                   | km/h (SD) im 4. Viertel   | 2.45  | 2  | 1.23 | 0.80 | .463 |
|                   | Differenz (4.-1. Viertel) | 0.44  | 2  | 0.22 | 0.22 | .804 |
| PD * TM           | km/h(SD) im 1. Viertel    | 0.02  | 1  | 0.02 | 0.03 | .856 |
|                   | km/h (SD) im 4. Viertel   | 0.51  | 1  | 0.51 | 0.34 | .570 |
|                   | Differenz (4.-1. Viertel) | 0.75  | 1  | 0.75 | 0.75 | .397 |
| PD * Schwere * TM | km/h(SD) im 1. Viertel    | 1.53  | 2  | 0.77 | 1.11 | .351 |
|                   | km/h (SD) im 4. Viertel   | 0.07  | 2  | 0.03 | 0.02 | .978 |
|                   | Differenz (4.-1. Viertel) | 2.04  | 2  | 1.02 | 1.01 | .383 |
| Fehler(PD)        | km/h(SD) im 1. Viertel    | 12.42 | 18 | 0.69 |      |      |
|                   | km/h (SD) im 4. Viertel   | 27.48 | 18 | 1.53 |      |      |
|                   | Differenz (4.-1. Viertel) | 18.08 | 18 | 1.00 |      |      |

Tabelle 40: Nach Krankheitsschwere geschichtete Kontingenztafel zum Abkommen von der Fahrbahn nach links bei Gegenverkehr in ZG und VG.

| H&Y                      | Gruppe                   | Abkommen links bei Gegenverkehr |        |        |        |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|
|                          |                          | nein                            | ja     | gesamt |        |
| 1                        | ZG                       | Anzahl                          | 7      | 1      | 8      |
|                          |                          | Erwartete Anzahl                | 7.00   | 1.00   | 8.00   |
|                          |                          | % von Gruppe                    | 87.50  | 12.50  | 100.00 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen        | .00    | .00    |        |
|                          | VG                       | Anzahl                          | 7      | 1      | 8      |
|                          |                          | Erwartete Anzahl                | 7.00   | 1.00   | 8.00   |
|                          |                          | % von Gruppe                    | 87.50  | 12.50  | 100.00 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen        | .00    | .00    |        |
|                          | gesamt                   | Anzahl                          | 14     | 2      | 16     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl                | 14.00  | 2.00   | 16.00  |
|                          |                          | % von Gruppe                    | 87.50  | 12.50  | 100.00 |
|                          | 2                        | ZG                              | Anzahl | 6      | 2      |
| Erwartete Anzahl         |                          |                                 | 6.50   | 1.50   | 8.00   |
| % von Gruppe             |                          |                                 | 75.00  | 25.00  | 100.00 |
| Standardisierte Residuen |                          |                                 | -.20   | .41    |        |
| VG                       |                          | Anzahl                          | 7      | 1      | 8      |
|                          |                          | Erwartete Anzahl                | 6.50   | 1.50   | 8.00   |
|                          |                          | % von Gruppe                    | 87.50  | 12.50  | 100.00 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen        | .20    | -.41   |        |
| gesamt                   |                          | Anzahl                          | 13     | 3      | 16     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl                | 13.00  | 3.00   | 16.00  |
|                          |                          | % von Gruppe                    | 81.25  | 18.75  | 100.00 |
| 3                        |                          | ZG                              | Anzahl | 5      | 3      |
|                          | Erwartete Anzahl         |                                 | 6.50   | 1.50   | 8.00   |
|                          | % von Gruppe             |                                 | 62.50  | 37.50  | 100.00 |
|                          | Standardisierte Residuen |                                 | -.59   | 1.22   |        |
|                          | VG                       | Anzahl                          | 8      | 0      | 8      |
|                          |                          | Erwartete Anzahl                | 6.50   | 1.50   | 8.00   |
|                          |                          | % von Gruppe                    | 100.00 | 0.00   | 100.00 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen        | .59    | -1.22  |        |
|                          | gesamt                   | Anzahl                          | 13     | 3      | 16     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl                | 13.00  | 3.00   | 16.00  |
|                          |                          | % von Gruppe                    | 81.25  | 18.75  | 100.00 |

H&Y1:  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 1.00.

H&Y2:  $X^2(1)=0.41$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

H&Y3:  $X^2(1)=3.69$ ,  $p(\text{exakt})=.200$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

Tabelle 41: Nach Tagesmüdigkeit geschichtete Kontingenztafel zum Abkommen von der Fahrbahn nach links bei Gegenverkehr in ZG und VG.

| TM                       | Gruppe | Abkommen links bei Gegenverkehr |        |        |        |
|--------------------------|--------|---------------------------------|--------|--------|--------|
|                          |        | nein                            | ja     | gesamt |        |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                          | 11     | 1      | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl                | 10.50  | 1.50   | 12.00  |
|                          |        | % von Gruppe                    | 91.67  | 8.33   | 100.00 |
|                          |        | Standardisierte Residuen        | .15    | -.41   |        |
|                          | VG     | Anzahl                          | 10     | 2      | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl                | 10.50  | 1.50   | 12.00  |
|                          |        | % von Gruppe                    | 83.33  | 16.67  | 100.00 |
|                          |        | Standardisierte Residuen        | -.15   | .41    |        |
|                          | gesamt | Anzahl                          | 21     | 3      | 24     |
|                          |        | Erwartete Anzahl                | 21.00  | 3.00   | 24.00  |
|                          |        | % von Gruppe                    | 87.50  | 12.50  | 100.00 |
|                          | mit    | ZG                              | Anzahl | 7      | 5      |
| Erwartete Anzahl         |        |                                 | 9.50   | 2.50   | 12.00  |
| % von Gruppe             |        |                                 | 58.33  | 41.67  | 100.00 |
| Standardisierte Residuen |        |                                 | -.81   | 1.58   |        |
| VG                       |        | Anzahl                          | 12     | 0      | 12     |
|                          |        | Erwartete Anzahl                | 9.50   | 2.50   | 12.00  |
|                          |        | % von Gruppe                    | 100.00 | 0.00   | 100.00 |
|                          |        | Standardisierte Residuen        | .81    | -1.58  |        |
| gesamt                   |        | Anzahl                          | 19     | 5      | 24     |
|                          |        | Erwartete Anzahl                | 19.00  | 5.00   | 24.00  |
|                          |        | % von Gruppe                    | 79.17  | 20.83  | 100.00 |

o. TM:  $X^2(1)=0.38$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

m. TM:  $X^2(1)=6.32$ ,  $p(\text{exakt})=.037$ , Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

Tabelle 42: Nach Krankheitsschwere geschichtete Kontingenztafel zu Einschlafereignissen (laut Lidschluss) bei ZG und VG.

| H&Y | Gruppe | Einschlafereignis        |      |        |       |
|-----|--------|--------------------------|------|--------|-------|
|     |        | nein                     | ja   | gesamt |       |
| 1   | ZG     | Anzahl                   | 7    | 1      | 8     |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 5.0  | 3.0    | 8.0   |
|     |        | % von Gruppe             | 87.5 | 12.5   | 100.0 |
|     |        | Standardisierte Residuen | .9   | -1.2   |       |
|     | VG     | Anzahl                   | 3    | 5      | 8     |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 5.0  | 3.0    | 8.0   |
|     |        | % von Gruppe             | 37.5 | 62.5   | 100.0 |
|     |        | Standardisierte Residuen | -.9  | 1.2    |       |
|     | gesamt | Anzahl                   | 10   | 6      | 16    |
|     |        | Erwartete Anzahl         | 10.0 | 6.0    | 16.0  |
|     |        | % von Gruppe             | 62.5 | 37.5   | 100.0 |

|                          |        |                          |        |      |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|------|-------|
| 2                        | ZG     | Anzahl                   | 6      | 2    | 8     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.0    | 2.0  | 8.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0 | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .0     | .0   |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 6      | 2    | 8     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.0    | 2.0  | 8.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0 | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .0     | .0   |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 12     | 4    | 16    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 12.0   | 4.0  | 16.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 75.0   | 25.0 | 100.0 |
|                          | 3      | ZG                       | Anzahl | 6    | 2     |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 6.5    | 1.5  | 8.0   |
| % von Gruppe             |        |                          | 75.0   | 25.0 | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | -.2    | .4   |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 7      | 1    | 8     |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 6.5    | 1.5  | 8.0   |
|                          |        | % von Gruppe             | 87.5   | 12.5 | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | .2     | -.4  |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 13     | 3    | 16    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 13.0   | 3.0  | 16.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 81.3   | 18.8 | 100.0 |

H&Y1:  $X^2(1)=4.27$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.039$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 3.00.

H&Y2:  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

H&Y3:  $X^2(1)=0.41$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 1.50.

*Tabelle 43: Nach Tagesmüdigkeit geschichtete Kontingenztafel zu Einschlafereignissen (laut Lidschluss) bei ZG und VG.*

| TM                       | Gruppe | Einschlafereignis        |        |        |       |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------|-------|
|                          |        | nein                     | ja     | gesamt |       |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                   | 11     | 1      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 9.5    | 2.5    | 12    |
|                          |        | % von Gruppe             | 91.7   | 8.3    | 100   |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 0.5    | -0.9   |       |
|                          | VG     | Anzahl                   | 8      | 4      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 9.5    | 2.5    | 12    |
|                          |        | % von Gruppe             | 66.7   | 33.3   | 100   |
|                          |        | Standardisierte Residuen | -0.5   | 0.9    |       |
|                          | gesamt | Anzahl                   | 19     | 5      | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 19.0   | 5.0    | 24    |
|                          |        | % von Gruppe             | 79.2   | 20.8   | 100   |
|                          | mit    | ZG                       | Anzahl | 8      | 4     |
| Erwartete Anzahl         |        |                          | 8.0    | 4.0    | 12.0  |
| % von Gruppe             |        |                          | 66.7   | 33.3   | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                          | 0.0    | 0.0    |       |
| VG                       |        | Anzahl                   | 8      | 4      | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 8.0    | 4.0    | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 66.7   | 33.3   | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen | 0.0    | 0.0    |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                   | 16.0   | 8.0    | 24.0  |
|                          |        | Erwartete Anzahl         | 16.0   | 8.0    | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe             | 66.7   | 33.3   | 100.0 |

o. TM:  $X^2(1)=2.27$ ,  $p(\text{exakt})=.317$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 2.50.

m. TM:  $X^2(1)=0.00$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j$  kleiner 5. Die minimale  $e_j$  ist 4.00.

Tabelle 44: Nach Krankheitsschwere geschichtete Kontingenztafel zur Inanspruchnahme von Pausen bei ZG und VG.

| H&Y                      | Gruppe                   | Pause/ vorzeitiger Abbruch |        |        |       |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------|--------|-------|
|                          |                          | nein                       | ja     | gesamt |       |
| 1                        | ZG                       | Anzahl                     | 5      | 3      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl           | 5.5    | 2.5    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe               | 62.5   | 37.5   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen   | -.2    | .3     |       |
|                          | VG                       | Anzahl                     | 6      | 2      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl           | 5.5    | 2.5    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe               | 75.0   | 25.0   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen   | .2     | -.3    |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                     | 11     | 5      | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl           | 11.0   | 5.0    | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe               | 68.8   | 31.3   | 100.0 |
|                          | 2                        | ZG                         | Anzahl | 2      | 6     |
| Erwartete Anzahl         |                          |                            | 4.5    | 3.5    | 8.0   |
| % von Gruppe             |                          |                            | 25.0   | 75.0   | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |                          |                            | -1.2   | 1.3    |       |
| VG                       |                          | Anzahl                     | 7      | 1      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl           | 4.5    | 3.5    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe               | 87.5   | 12.5   | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen   | 1.2    | -1.3   |       |
| gesamt                   |                          | Anzahl                     | 9      | 7      | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl           | 9.0    | 7.0    | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe               | 56.3   | 43.8   | 100.0 |
| 3                        |                          | ZG                         | Anzahl | 4      | 4     |
|                          | Erwartete Anzahl         |                            | 6.0    | 2.0    | 8.0   |
|                          | % von Gruppe             |                            | 50.0   | 50.0   | 100.0 |
|                          | Standardisierte Residuen |                            | -.8    | 1.4    |       |
|                          | VG                       | Anzahl                     | 8      | 0      | 8     |
|                          |                          | Erwartete Anzahl           | 6.0    | 2.0    | 8.0   |
|                          |                          | % von Gruppe               | 100.0  | 0.0    | 100.0 |
|                          |                          | Standardisierte Residuen   | .8     | -1.4   |       |
|                          | gesamt                   | Anzahl                     | 12     | 4      | 16    |
|                          |                          | Erwartete Anzahl           | 12.0   | 4.0    | 16.0  |
|                          |                          | % von Gruppe               | 75.0   | 25.0   | 100.0 |

H&Y1:  $X^2(1)=0.29$ ,  $p(\text{exakt})=1.000$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.50.

H&Y2:  $X^2(1)=6.35$ ,  $p(\text{asymptotisch})=.012$ , 4 Zellen (100.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 3.50.

H&Y3:  $X^2(1)=5.33$ ,  $p(\text{exakt})=.077$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.00.

Tabelle 45: Nach Tagesmüdigkeit geschichtete Kontingenztafel zur Inanspruchnahme von Pausen bei ZG und VG.

| TM                       | Gruppe | Pause/ vorzeitiger Abbruch |        |             |       |
|--------------------------|--------|----------------------------|--------|-------------|-------|
|                          |        | nein                       | ja     | gesamt      |       |
| ohne                     | ZG     | Anzahl                     | 8      | 4           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl           | 9.5    | 2.5         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe               | 66.7   | <b>33.3</b> | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen   | -.5    | 1.0         |       |
|                          | VG     | Anzahl                     | 11     | 1           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl           | 9.5    | 2.50        | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe               | 91.7   | <b>8.3</b>  | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen   | .5     | -1.0        |       |
|                          | gesamt | Anzahl                     | 19     | 5           | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl           | 19.0   | 5.0         | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe               | 79.2   | 20.8        | 100.0 |
|                          | mit    | ZG                         | Anzahl | 3           | 9     |
| Erwartete Anzahl         |        |                            | 6.5    | 5.5         | 12.0  |
| % von Gruppe             |        |                            | 25.0   | <b>75.0</b> | 100.0 |
| Standardisierte Residuen |        |                            | -1.4   | <b>1.5</b>  |       |
| VG                       |        | Anzahl                     | 10     | 2           | 12    |
|                          |        | Erwartete Anzahl           | 6.5    | 5.5         | 12.0  |
|                          |        | % von Gruppe               | 83.3   | <b>16.7</b> | 100.0 |
|                          |        | Standardisierte Residuen   | 1.4    | <b>-1.5</b> |       |
| gesamt                   |        | Anzahl                     | 13     | 11          | 24    |
|                          |        | Erwartete Anzahl           | 13.0   | 11.0        | 24.0  |
|                          |        | % von Gruppe               | 54.2   | 45.8        | 100.0 |

o. TM:  $X^2(1)=2.74$ ,  $p(\text{exakt})=.317$ , 2 Zellen (50.0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 2.50.

m. TM:  $X^2(1)=8.22$ ,  $p(\text{exakt})=.004$ , 0 Zellen (0%) haben eine  $e_j < 5$ . Die minimale  $e_j$  ist 5.50.

Tabelle 46: Wilcoxon-Tests zum Score auf der Stanford Sleepiness Scale (SSS).<sup>6</sup>

|            | Vor der Fahrt |                | Nach der Fahrt |                | Differenz (nachher-vorher) |                |
|------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|
|            | Z             | p <sup>a</sup> | Z              | p <sup>a</sup> | Z                          | p <sup>a</sup> |
| ZG vs. VG  | -2.15         | <b>.031</b>    | -2.33          | <b>.020</b>    | -1.48                      | .139           |
| H&Y1       | -1.73         | .250           | -1.28          | .219           | -0.99                      | .359           |
| H&Y2       | -2.53         | <b>.016</b>    | -1.27          | .266           | 0.00                       | 1.000          |
| H&Y3       | 0.00          | 1.000          | -1.38          | .250           | -1.36                      | .172           |
| o. TM      | -0.54         | .781           | -1.78          | .100           | -1.22                      | .236           |
| m. TM      | -2.50         | <b>.020</b>    | -1.61          | .105           | -0.87                      | .438           |
| H&Y1 o. TM | -1.00         | 1.000          | -0.27          | 1.000          | -0.56                      | .750           |
| H&Y1 m. TM | -1.41         | .500           | -1.47          | .250           | -1.46                      | .250           |
| H&Y2 o. TM | -1.63         | .250           | -1.84          | .125           | -1.30                      | .375           |
| H&Y2 m. TM | -2.00         | .125           | -0.37          | .750           | -0.56                      | .750           |
| H&Y3 o. TM | -1.34         | .500           | -1.09          | .500           | -1.07                      | .500           |
| H&Y3 m. TM | -1.13         | .500           | -1.07          | .500           | -0.74                      | .500           |

<sup>a</sup> asymptotische Testung beim Vergleich ZG vs. VG insgesamt, exakte Testung bei Schichtung.

<sup>6</sup> Unterstellte man den Ratings auf der SSS Intervallniveau, konnten diese Effekte auch varianzanalytisch bestätigt werden.

Tabelle 47: Varianzanalysen zur subjektiven Ausprägung der Belastungsdimensionen nach Buld (2001).

| Quelle                   | Abhängige Variable                | QS           | df       | MQ          | F           | p           |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>Entscheiden müssen</b>         | <b>9.19</b>  | <b>1</b> | <b>9.19</b> | <b>8.88</b> | <b>.008</b> |
|                          | Mehrfachtätigkeiten               | 4.08         | 1        | 4.08        | 3.00        | .100        |
|                          | <b>In Zusammenhängen denken</b>   | <b>4.69</b>  | <b>1</b> | <b>4.69</b> | <b>4.09</b> | <b>.058</b> |
|                          | <b>Aufgaben präzise ausführen</b> | <b>5.33</b>  | <b>1</b> | <b>5.33</b> | <b>4.63</b> | <b>.045</b> |
|                          | <b>Körperliche Anforderungen</b>  | <b>4.69</b>  | <b>1</b> | <b>4.69</b> | <b>3.53</b> | <b>.076</b> |
|                          | Monotonie ertragen                | 0.08         | 1        | 0.08        | 0.11        | .747        |
|                          | <b>Unter Unsicherheit handeln</b> | <b>6.75</b>  | <b>1</b> | <b>6.75</b> | <b>4.63</b> | <b>.045</b> |
|                          | Lästige Anforderungen bewältigen  | 1.33         | 1        | 1.33        | 0.55        | .470        |
| <b>PD * Schwere</b>      | Entscheiden müssen                | 0.50         | 2        | 0.25        | 0.24        | .788        |
|                          | Mehrfachtätigkeiten               | 0.17         | 2        | 0.08        | 0.06        | .941        |
|                          | In Zusammenhängen denken          | 0.38         | 2        | 0.19        | 0.16        | .850        |
|                          | <b>Aufgaben präzise ausführen</b> | <b>11.29</b> | <b>2</b> | <b>5.65</b> | <b>4.90</b> | <b>.020</b> |
|                          | Körperliche Anforderungen         | 2.38         | 2        | 1.19        | 0.90        | .426        |
|                          | Monotonie ertragen                | 0.04         | 2        | 0.02        | 0.03        | .974        |
|                          | Unter Unsicherheit handeln        | 2.00         | 2        | 1.00        | 0.69        | .516        |
|                          | Lästige Anforderungen bewältigen  | 1.17         | 2        | 0.58        | 0.24        | .790        |
| <b>PD * TM</b>           | Entscheiden müssen                | 0.02         | 1        | 0.02        | 0.02        | .889        |
|                          | Mehrfachtätigkeiten               | 0.08         | 1        | 0.08        | 0.06        | .807        |
|                          | In Zusammenhängen denken          | 0.19         | 1        | 0.19        | 0.16        | .691        |
|                          | Aufgaben präzise ausführen        | 0.75         | 1        | 0.75        | 0.65        | .430        |
|                          | Körperliche Anforderungen         | 1.02         | 1        | 1.02        | 0.77        | .392        |
|                          | Monotonie ertragen                | 0.08         | 1        | 0.08        | 0.11        | .747        |
|                          | Unter Unsicherheit handeln        | 0.33         | 1        | 0.33        | 0.23        | .638        |
|                          | Lästige Anforderungen bewältigen  | 0.00         | 1        | 0.00        | 0.00        | 1.000       |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | Entscheiden müssen                | 1.17         | 2        | 0.58        | 0.56        | .579        |
|                          | Mehrfachtätigkeiten               | 4.17         | 2        | 2.08        | 1.53        | .243        |
|                          | In Zusammenhängen denken          | 2.63         | 2        | 1.31        | 1.15        | .340        |
|                          | Aufgaben präzise ausführen        | 0.87         | 2        | 0.44        | 0.38        | .690        |
|                          | Körperliche Anforderungen         | 4.54         | 2        | 2.27        | 1.71        | .209        |
|                          | Monotonie ertragen                | 1.79         | 2        | 0.90        | 1.15        | .338        |
|                          | Unter Unsicherheit handeln        | 2.67         | 2        | 1.33        | 0.91        | .419        |
|                          | Lästige Anforderungen bewältigen  | 3.50         | 2        | 1.75        | 0.72        | .502        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | Entscheiden müssen                | 18.63        | 18       | 1.03        |             |             |
|                          | Mehrfachtätigkeiten               | 24.50        | 18       | 1.36        |             |             |
|                          | In Zusammenhängen denken          | 20.63        | 18       | 1.15        |             |             |
|                          | Aufgaben präzise ausführen        | 20.75        | 18       | 1.15        |             |             |
|                          | Körperliche Anforderungen         | 23.88        | 18       | 1.33        |             |             |
|                          | Monotonie ertragen                | 14.00        | 18       | 0.78        |             |             |
|                          | Unter Unsicherheit handeln        | 26.25        | 18       | 1.46        |             |             |
|                          | Lästige Anforderungen bewältigen  | 44.00        | 18       | 2.44        |             |             |

## 12.3.4 ART-2020

Tabelle 48: Varianzanalysen zur Anzahl richtig beantworteter Signale im RST3.

| Quelle                   | Parameter            | QS             | df       | MQ             | F           | p           |
|--------------------------|----------------------|----------------|----------|----------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>RST3</b>          | <b>4628.23</b> | <b>1</b> | <b>4628.23</b> | <b>3.18</b> | <b>.091</b> |
|                          | <b>RST3-Phase 1</b>  | <b>141.22</b>  | <b>1</b> | <b>141.22</b>  | <b>3.32</b> | <b>.085</b> |
|                          | RST3-Phase 2         | 744.19         | 1        | 744.19         | 1.87        | .188        |
|                          | <b>RST3- Phase 3</b> | <b>833.33</b>  | <b>1</b> | <b>833.33</b>  | <b>3.35</b> | <b>.084</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | RST3                 | 1043.46        | 2        | 521.73         | 0.36        | .704        |
|                          | RST3-Phase 1         | 60.78          | 2        | 30.39          | 0.71        | .503        |
|                          | RST3-Phase 2         | 502.13         | 2        | 251.06         | 0.63        | .543        |
|                          | RST3- Phase 3        | 53.29          | 2        | 26.65          | 0.11        | .899        |
| <b>PD * TM</b>           | RST3                 | 3900.01        | 1        | 3900.01        | 2.68        | .119        |
|                          | RST3-Phase 1         | 15.95          | 1        | 15.95          | 0.38        | .548        |
|                          | RST3-Phase 2         | 1190.02        | 1        | 1190.02        | 2.99        | .101        |
|                          | RST3- Phase 3        | 574.08         | 1        | 574.08         | 2.31        | .146        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | RST3                 | 2.35           | 2        | 1.18           | 0.00        | .999        |
|                          | RST3-Phase 1         | 104.31         | 2        | 52.16          | 1.23        | .317        |
|                          | RST3-Phase 2         | 23.79          | 2        | 11.90          | 0.03        | .971        |
|                          | RST3- Phase 3        | 62.04          | 2        | 31.02          | 0.12        | .883        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | RST3                 | 26188.83       | 18       | 1454.94        |             |             |
|                          | RST3-Phase 1         | 765.12         | 18       | 42.51          |             |             |
|                          | RST3-Phase 2         | 7157.38        | 18       | 397.63         |             |             |
|                          | RST3- Phase 3        | 4476.25        | 18       | 248.68         |             |             |

Anmerkungen. Für die Phasen 1 und 3 wurden aufgrund der sehr rechtsschiefen Verteilung zusätzlich nonparametrische Verfahren (Wilcoxon-Tests bei sukzessiver Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit) durchgeführt. Für die Phase 1 war der Vergleich ZG vs. VG nun signifikant ( $p=.049$ ), zudem wiesen die Daten auf eine abnehmende Anzahl richtiger Lösungen mit zunehmendem Schweregrad hin (H&Y1:  $p=.672$ , H&Y2:  $p=.297$ , H&Y3:  $p=.102$ ). In der Phase 3 ergab sich nur noch ein tendenzieller Unterschied zwischen ZG und VG ( $p=.083$ ), wobei nun allenfalls deskriptiv ein Zusammenhang zum Schweregrad bestand (H&Y1:  $p=.688$ , H&Y2:  $p=.367$ , H&Y3:  $p=.313$ ). Sowohl für Phase 1 (ohne:  $p=.022$ ; mit:  $p=.580$ ) als auch für Phase 3 (ohne:  $p=.060$ ; mit:  $p=.625$ ) wiesen die nonparametrischen Verfahren darauf hin, dass der Unterschied zur VG primär auf die Patienten *ohne* Tagesmüdigkeit zurückging, was aber auch durch eine starke Variation zwischen den beiden VG bedingt war.

Tabelle 49: Varianzanalysen zur Anzahl ausgelassener Signale im RST3.

| Quelle                   | Parameter            | QS             | df       | MQ             | F           | p           |
|--------------------------|----------------------|----------------|----------|----------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>RST3</b>          | <b>4504.69</b> | <b>1</b> | <b>4504.69</b> | <b>3.70</b> | <b>.070</b> |
|                          | <b>RST3-Phase 1</b>  | <b>133.33</b>  | <b>1</b> | <b>133.33</b>  | <b>3.84</b> | <b>.066</b> |
|                          | RST3-Phase 2         | 736.33         | 1        | 736.33         | 2.08        | .167        |
|                          | <b>RST3- Phase 3</b> | <b>808.52</b>  | <b>1</b> | <b>808.52</b>  | <b>3.97</b> | <b>.062</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | RST3                 | 499.88         | 2        | 249.94         | 0.21        | .816        |
|                          | RST3-Phase 1         | 54.17          | 2        | 27.08          | 0.78        | .473        |
|                          | RST3-Phase 2         | 250.29         | 2        | 125.15         | 0.35        | .707        |
|                          | RST3- Phase 3        | 13.54          | 2        | 6.77           | 0.03        | .967        |
| <b>PD * TM</b>           | RST3                 | 3316.69        | 1        | 3316.69        | 2.73        | .116        |
|                          | RST3-Phase 1         | 4.08           | 1        | 4.08           | 0.12        | .735        |
|                          | RST3-Phase 2         | 1064.08        | 1        | 1064.08        | 3.00        | .100        |
|                          | RST3- Phase 3        | 526.69         | 1        | 526.69         | 2.59        | .125        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | RST3                 | 118.63         | 2        | 59.31          | 0.05        | .953        |
|                          | RST3-Phase 1         | 57.17          | 2        | 28.58          | 0.82        | .454        |
|                          | RST3-Phase 2         | 51.04          | 2        | 25.52          | 0.07        | .931        |
|                          | RST3- Phase 3        | 124.63         | 2        | 62.31          | 0.31        | .740        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | RST3                 | 21898.63       | 18       | 1216.59        |             |             |
|                          | RST3-Phase 1         | 624.25         | 18       | 34.68          |             |             |
|                          | RST3-Phase 2         | 6377.25        | 18       | 354.29         |             |             |
|                          | RST3- Phase 3        | 3664.13        | 18       | 203.56         |             |             |

Anmerkungen. Für die Phasen 1 und 3 wurden aufgrund der sehr linksschiefen Verteilung zusätzlich nonparametrische Verfahren (Wilcoxon-Tests bei sukzessiver Schichtung nach Krankheitsschwere und Tagesmüdigkeit) durchgeführt. Hier war der Vergleich zwischen ZG und VG für Phase 1 hochsignifikant ( $p=.007$ ), für Phase 3 signifikant ( $p=.045$ ). Für die Phase 1 wiesen die Befunde darauf hin, dass im Hoehn & Yahr-Stadium 3 Auslasser besonders häufig vorkamen ( $p=.094$  vs. H&Y1:  $p=.172$  vs. H&Y2:  $p=.281$ ). Sowohl für Phase 1 (ohne:  $p=.060$ ; mit:  $p=.367$ ) als auch für Phase 3 (ohne:  $p=.019$ ; mit:  $p=.126$ ) wiesen die nonparametrischen Verfahren darauf hin, dass der Unterschied zur VG bei Patienten ohne Tagesmüdigkeit etwas stärker ausgeprägt war, was aber wiederum auch durch eine starke Variation zwischen den beiden VG bedingt war. Hinweise auf einen bedeutsamen Einfluss der Krankheitsschwere in Phase 3 fanden sich nicht.

Tabelle 50: Varianzanalysen zum Anteil verzögerter Reaktionen im RST3.

| Quelle                   | Parameter            | QS             | df       | MQ             | F            | p           |
|--------------------------|----------------------|----------------|----------|----------------|--------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>RST3</b>          | <b>2303.10</b> | <b>1</b> | <b>2303.10</b> | <b>12.32</b> | <b>.003</b> |
|                          | <b>RST3-Phase 1</b>  | <b>1105.23</b> | <b>1</b> | <b>1105.23</b> | <b>5.69</b>  | <b>.028</b> |
|                          | <b>RST3-Phase 2</b>  | <b>1481.12</b> | <b>1</b> | <b>1481.12</b> | <b>3.86</b>  | <b>.065</b> |
|                          | <b>RST3- Phase 3</b> | <b>5218.84</b> | <b>1</b> | <b>5218.84</b> | <b>11.46</b> | <b>.003</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | RST3                 | 463.35         | 2        | 231.67         | 1.24         | .313        |
|                          | RST3-Phase 1         | 668.42         | 2        | 334.21         | 1.72         | .207        |
|                          | RST3-Phase 2         | 60.53          | 2        | 30.27          | 0.08         | .925        |
|                          | RST3- Phase 3        | 1056.59        | 2        | 528.29         | 1.16         | .336        |
| <b>PD * TM</b>           | RST3                 | 528.02         | 1        | 528.02         | 2.82         | .110        |
|                          | RST3-Phase 1         | 434.41         | 1        | 434.41         | 2.24         | .152        |
|                          | RST3-Phase 2         | 277.13         | 1        | 277.13         | 0.72         | .407        |
|                          | RST3- Phase 3        | 988.86         | 1        | 988.86         | 2.17         | .158        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | RST3                 | 56.42          | 2        | 28.21          | 0.15         | .861        |
|                          | RST3-Phase 1         | 329.77         | 2        | 164.88         | 0.85         | .444        |
|                          | RST3-Phase 2         | 348.82         | 2        | 174.41         | 0.45         | .642        |
|                          | RST3- Phase 3        | 472.71         | 2        | 236.35         | 0.52         | .604        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | RST3                 | 3365.93        | 18       | 187.00         |              |             |
|                          | RST3-Phase 1         | 3496.75        | 18       | 194.26         |              |             |
|                          | RST3-Phase 2         | 6914.88        | 18       | 384.16         |              |             |
|                          | RST3- Phase 3        | 8194.41        | 18       | 455.24         |              |             |

Anmerkungen. Entsprechende Varianzanalysen wurden auch nach einer Logit-Transformation der Prozentwerte durchgeführt. Insgesamt führten diese zu den gleichen Befunden, nur die Interaktion *PD x Schwere* bei den Verzögerten in Phase 1 erreichte nun das Niveau einer Tendenz ( $p=.094$ ). Entsprechend nachgeschobener t-Tests für abhängige Stichproben erwies sich diese Interaktion als disordinal: erst ab dem Stadium 2 war der Anteil an verzögerten Reaktionen bei den Patienten höher als bei ihrer VG (H&Y1:  $p=.919$ , H&Y2:  $p=.081$ , H&Y3:  $p=.077$ ).

Tabelle 51: Varianzanalysen zum Anteil falscher Reaktionen im RST3.

| Quelle                   | Parameter           | QS            | df       | MQ           | F           | p           |
|--------------------------|---------------------|---------------|----------|--------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | RST3                | 0.01          | 1        | 0.01         | 0.00        | .961        |
|                          | RST3-Phase 1        | 0.82          | 1        | 0.82         | 0.16        | .694        |
|                          | RST3-Phase 2        | 0.10          | 1        | 0.10         | 0.01        | .925        |
|                          | RST3- Phase 3       | 0.06          | 1        | 0.06         | 0.00        | .953        |
| <b>PD * Schwere</b>      | <b>RST3</b>         | <b>58.80</b>  | <b>2</b> | <b>29.40</b> | <b>5.18</b> | <b>.017</b> |
|                          | RST3-Phase 1        | 9.15          | 2        | 4.58         | 0.89        | .426        |
|                          | <b>RST3-Phase 2</b> | <b>143.36</b> | <b>2</b> | <b>71.68</b> | <b>6.71</b> | <b>.007</b> |
|                          | RST3- Phase 3       | 71.25         | 2        | 35.62        | 2.25        | .134        |
| <b>PD * TM</b>           | RST3                | 4.67          | 1        | 4.67         | 0.82        | .377        |
|                          | RST3-Phase 1        | 0.08          | 1        | 0.08         | 0.02        | .899        |
|                          | RST3-Phase 2        | 18.86         | 1        | 18.86        | 1.76        | .201        |
|                          | RST3- Phase 3       | 5.89          | 1        | 5.89         | 0.37        | .549        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | <b>RST3</b>         | <b>73.58</b>  | <b>2</b> | <b>36.79</b> | <b>6.48</b> | <b>.008</b> |
|                          | <b>RST3-Phase 1</b> | <b>71.37</b>  | <b>2</b> | <b>35.68</b> | <b>6.97</b> | <b>.006</b> |
|                          | <b>RST3-Phase 2</b> | <b>121.25</b> | <b>2</b> | <b>60.62</b> | <b>5.67</b> | <b>.012</b> |
|                          | RST3- Phase 3       | 58.18         | 2        | 29.09        | 1.84        | .188        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | RST3                | 102.24        | 18       | 5.68         |             |             |
|                          | RST3-Phase 1        | 92.15         | 18       | 5.12         |             |             |
|                          | RST3-Phase 2        | 192.40        | 18       | 10.69        |             |             |
|                          | RST3- Phase 3       | 285.14        | 18       | 15.84        |             |             |

Anmerkung. Entsprechende Varianzanalysen nach einer Logit-Transformation der Prozentwerte führten insgesamt zu den gleichen Befunden.

Tabelle 52: Varianzanalysen zum FRF.

| Quelle                   | Skala                          | QS        | df | MQ       | F       | p    |
|--------------------------|--------------------------------|-----------|----|----------|---------|------|
| <b>PD</b>                | Physische Risikobereitschaft   | 30083.00  | 1  | 30083.00 | 2447.00 | .135 |
|                          | Soziale Risikobereitschaft     | 5333.00   | 1  | 5333.00  | 0.44    | .518 |
|                          | Finanzielle Risikobereitschaft | 0.33      | 1  | 0.33     | 0.06    | .814 |
| <b>PD * Schwere</b>      | Physische Risikobereitschaft   | 21292.00  | 2  | 10646.00 | 0.87    | .437 |
|                          | Soziale Risikobereitschaft     | 8667.00   | 2  | 4333.00  | 0.35    | .707 |
|                          | Finanzielle Risikobereitschaft | 11292.00  | 2  | 5646.00  | 0.96    | .401 |
| <b>PD * TM</b>           | Physische Risikobereitschaft   | 8333.00   | 1  | 8333.00  | 0.68    | .421 |
|                          | Soziale Risikobereitschaft     | 12000.00  | 1  | 12000.00 | 0.98    | .335 |
|                          | Finanzielle Risikobereitschaft | 5333.00   | 1  | 5333.00  | 0.91    | .353 |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | Physische Risikobereitschaft   | 4042.00   | 2  | 2021.00  | 0.16    | .850 |
|                          | Soziale Risikobereitschaft     | 37500.00  | 2  | 18750.00 | 1531.00 | .243 |
|                          | Finanzielle Risikobereitschaft | 4292.00   | 2  | 2146.00  | 0.37    | .699 |
| <b>Fehler(PD)</b>        | Physische Risikobereitschaft   | 221250.00 | 18 | 12292.00 |         |      |
|                          | Soziale Risikobereitschaft     | 220500.00 | 18 | 12250.00 |         |      |
|                          | Finanzielle Risikobereitschaft | 105750.00 | 18 | 5875.00  |         |      |

Tabelle 53: Varianzanalysen zum VIP.

| Quelle                   | Skala                         | QS          | df       | MQ          | F           | p           |
|--------------------------|-------------------------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| <b>PD</b>                | <b>Soziale Erwünschtheit</b>  | <b>5.33</b> | <b>1</b> | <b>5.33</b> | <b>3.57</b> | <b>.076</b> |
|                          | Unkritische Selbstwahrnehmung | 16.33       | 1        | 16.33       | 1.09        | .311        |
|                          | Aggressive Interaktion        | 1.33        | 1        | 1.33        | .59         | .453        |
|                          | Emotionales Autofahren        | 6.75        | 1        | 6.75        | 1.57        | .226        |
| <b>PD * Schwere</b>      | Soziale Erwünschtheit         | .79         | 2        | .40         | .26         | .771        |
|                          | Unkritische Selbstwahrnehmung | 5.79        | 2        | 2.90        | .19         | .827        |
|                          | Aggressive Interaktion        | 3.04        | 2        | 1.52        | .67         | .523        |
|                          | Emotionales Autofahren        | 1.63        | 2        | .81         | .19         | .829        |
| <b>PD * TM</b>           | Soziale Erwünschtheit         | .75         | 1        | .75         | .50         | .489        |
|                          | Unkritische Selbstwahrnehmung | .75         | 1        | .75         | .05         | .826        |
|                          | Aggressive Interaktion        | .08         | 1        | .08         | .04         | .850        |
|                          | Emotionales Autofahren        | 2.08        | 1        | 2.08        | .49         | .495        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | Soziale Erwünschtheit         | .13         | 2        | .06         | .04         | .959        |
|                          | Unkritische Selbstwahrnehmung | 11.38       | 2        | 5.69        | .38         | .690        |
|                          | Aggressive Interaktion        | 5.79        | 2        | 2.90        | 1.28        | .302        |
|                          | Emotionales Autofahren        | 14.29       | 2        | 7.15        | 1.67        | .217        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | Soziale Erwünschtheit         | 27.00       | 18       | 1.50        |             |             |
|                          | Unkritische Selbstwahrnehmung | 270.75      | 18       | 15.04       |             |             |
|                          | Aggressive Interaktion        | 40.75       | 18       | 2.26        |             |             |
|                          | Emotionales Autofahren        | 77.25       | 18       | 4.29        |             |             |

Tabelle 54: Varianzanalysen zum VPT.2.

| Quelle                   | Skala                                 | QS               | df       | MQ               | F               | p           |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------|----------|------------------|-----------------|-------------|
| <b>PD</b>                | Offenheit der Selbstbeschreibung      | 38521.00         | 1        | 38521.00         | 2134.00         | .161        |
|                          | <b>Expressivität-Selbstsicherheit</b> | <b>192000.00</b> | <b>1</b> | <b>192000.00</b> | <b>11705.00</b> | <b>.003</b> |
|                          | Soziale Anpassung                     | 35021.00         | 1        | 35021.00         | 1.00            | .332        |
|                          | Emotionale Ansprechbarkeit            | 0.75             | 1        | 0.75             | 0.04            | .846        |
|                          | Selbstkontrolle                       | 48000.00         | 1        | 48000.00         | 2866.00         | .108        |
|                          | <b>Selbstreflexion</b>                | <b>48000.00</b>  | <b>1</b> | <b>48000.00</b>  | <b>3094.00</b>  | <b>.096</b> |
| <b>PD * Schwere</b>      | Offenheit der Selbstbeschreibung      | 1542.00          | 2        | 0.77             | 0.04            | .958        |
|                          | Expressivität-Selbstsicherheit        | 9500.00          | 2        | 4750.00          | 0.29            | .752        |
|                          | Soziale Anpassung                     | 24667.00         | 2        | 12333.00         | 0.35            | .709        |
|                          | Emotionale Ansprechbarkeit            | 6000.00          | 2        | 3000.00          | 0.16            | .857        |
|                          | Selbstkontrolle                       | 51125.00         | 2        | 25562.00         | 1526.00         | .244        |
|                          | Selbstreflexion                       | 24875.00         | 2        | 12437.00         | 0.80            | .464        |
| <b>PD * TM</b>           | Offenheit der Selbstbeschreibung      | 0.52             | 1        | 0.52             | 0.03            | .867        |
|                          | Expressivität-Selbstsicherheit        | 30083.00         | 1        | 30083.00         | 1834.00         | .192        |
|                          | Soziale Anpassung                     | 1021.00          | 1        | 1021.00          | 0.03            | .867        |
|                          | Emotionale Ansprechbarkeit            | 5333.00          | 1        | 5333.00          | 0.28            | .606        |
|                          | Selbstkontrolle                       | 21333.00         | 1        | 21333.00         | 1274.00         | .274        |
|                          | Selbstreflexion                       | 2083.00          | 1        | 2083.00          | 0.13            | .718        |
| <b>PD * Schwere * TM</b> | Offenheit der Selbstbeschreibung      | 39042.00         | 2        | 19521.00         | 1082.00         | .360        |
|                          | Expressivität-Selbstsicherheit        | 61167.00         | 2        | 30583.00         | 1865.00         | .184        |
|                          | Soziale Anpassung                     | 6167.00          | 2        | 3083.00          | 0.09            | .917        |
|                          | Emotionale Ansprechbarkeit            | 12167.00         | 2        | 6083.00          | 0.32            | .734        |
|                          | Selbstkontrolle                       | 40042.00         | 2        | 20021.00         | 1195.00         | .326        |
|                          | Selbstreflexion                       | 10792.00         | 2        | 5396.00          | 0.35            | .711        |
| <b>Fehler(PD)</b>        | Offenheit der Selbstbeschreibung      | 324875.00        | 18       | 18049.00         |                 |             |
|                          | Expressivität-Selbstsicherheit        | 295250.00        | 18       | 16403.00         |                 |             |
|                          | Soziale Anpassung                     | 633625.00        | 18       | 35201.00         |                 |             |
|                          | Emotionale Ansprechbarkeit            | 347750.00        | 18       | 19319.00         |                 |             |
|                          | Selbstkontrolle                       | 301500.00        | 18       | 16750.00         |                 |             |
|                          | Selbstreflexion                       | 279250.00        | 18       | 15514.00         |                 |             |

Tabelle 55: Deskriptiva zu den Persönlichkeitstests.

| Test         | Skala                                 | M <sub>ZG</sub> | SD <sub>ZG</sub> | M <sub>VG</sub> | SD <sub>VG</sub> |
|--------------|---------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| <b>FRF</b>   | Physische Risikobereitschaft          | 7.33            | 3.00             | 8.92            | 4.34             |
|              | Soziale Risikobereitschaft            | 10.04           | 3.81             | 10.71           | 3.33             |
|              | Finanzielle Risikobereitschaft        | 2.46            | 2.36             | 2.29            | 2.35             |
| <b>VIP</b>   | <b>Soziale Erwünschtheit</b>          | <b>2.54</b>     | <b>1.35</b>      | <b>1.88</b>     | <b>1.26</b>      |
|              | Unkrit. Selbstwahrnehmung             | 6.00            | 3.51             | 7.17            | 3.63             |
|              | Aggressive Interaktion                | 1.38            | 1.35             | 1.71            | 1.60             |
|              | Emot. Autofahren                      | 3.00            | 1.93             | 3.75            | 2.64             |
| <b>VPT.2</b> | Offenheit der Selbstbeschreibung      | 22.08           | 3.57             | 23.88           | 3.95             |
|              | <b>Expressivität-Selbstsicherheit</b> | <b>29.46</b>    | <b>4.73</b>      | <b>33.46</b>    | <b>4.38</b>      |
|              | Soziale Anpassung                     | 30.79           | 5.32             | 29.08           | 4.11             |
|              | Emotionale Ansprechbarkeit            | 29.38           | 5.68             | 29.13           | 4.50             |
|              | Selbstkontrolle                       | 31.08           | 3.73             | 33.08           | 4.14             |
|              | <b>Selbstreflexion</b>                | <b>35.42</b>    | <b>3.93</b>      | <b>37.42</b>    | <b>3.44</b>      |

# CURRICULUM VITAE

YVONNE TANJA GERTRUD KAUBNER

## PERSÖNLICHE DATEN

---

geb. am 24.09.1974 in Würzburg,  
verheiratet seit 7.10.2006 (Geburtsname: Körner)

## BERUFSERFAHRUNG

---

- seit 05/2000 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Psychologie III (Methodenlehre und Verkehrspsychologie) der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- Klinische Studie nach GCP-Richtlinien zur Beurteilung der *Fahrleistung unter einer Therapie mit Antiepileptika*
  - EU-Projekt *DRUID* (Driving under the influence of drugs, alcohol and medicines)
  - Projekt *Kriterien zur Vorhersage der Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson* (Fahrsimulationsstudie in Zusammenarbeit mit der Klinik für Neurologie der Universität Würzburg)
  - Projekt *Imperative Schlafattacken bei M. Parkinson* (Fragebogen- und Interviewstudie in Zusammenarbeit mit der Klinik für Neurologie der Philipps-Universität Marburg) (ausgezeichnet mit dem Nachwuchsförderpreis der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin 2002)
  - Projekt *Imperative Schlafattacken bei Personen mit dem Restless Legs Syndrom* (Fragebogenstudie in Zusammenarbeit mit der Klinik für Neurologie der Philipps-Universität Marburg)
  - Bericht zum Thema *Gleichbehandlung psychotroper Substanzen im Straßenverkehr* für die Pompidou-Gruppe des Europarats
  - Literaturarbeiten zu den Themen *Psychotrope Substanzen im Straßenverkehr* und *Ältere Kraftfahrer*
  - Wissenschaftliches Gutachten zum Thema *Das Tragen von Sicherheitsgurten in Kraftfahrzeugen - Problemstand - Risikopotentiale – Handlungsbedarf* für das Bayerische Ministerium des Innern
  - Lehrveranstaltungen und Vorträge zu den Themen *Autofahren im Alter*, *Diagnostik der Fahreignung* und *Psychopharmaka im Straßenverkehr*

## PRAKTIKA

---

- 03/1998–04/1998 Forschungspraktikum am Lehrstuhl für Psychologie III (Methodenlehre und Verkehrspsychologie) der Universität Würzburg
- Planung, Durchführung, Auswertung und Bericht einer experimentellen Studie zum Thema *Manipulation erlebter Alkoholwirkungen*
- 09/1997–10/1997 Praktikum am Arbeitsamt Würzburg (Psychologischer Dienst)
- Diagnostik, Explorations- und Beratungsgespräche, Erstellung von Gutachten

## STUDIUM

---

- seit 05/2000 Promotionsstudium zum Thema *Fahrtauglichkeit bei M. Parkinson*
- 11/1994–05/2000 Studium der Diplom-Psychologie an der Bayerischen Julius–Maximilians–Universität Würzburg
- 05/2000
- Diplom
- 10/1996
- Vordiplom
  - Diplomarbeit *Erlernte Alkoholtoleranz und Alkoholkonsum in einer Leistungssituation beim sozialen Trinker: Kompensation oder Konsumreduktion?*
  - Vertiefungsfächer: Verkehrspsychologie, Kinder- und Jugendpsychiatrie

## SCHULBILDUNG

---

- 1985–1994 Armin-Knab-Gymnasium Kitzingen
- Abschluss: Allgemeine Hochschulreife
- 1981–1985 Albert-Schweitzer-Schule Albertshofen