Simulationsgestützte Kompetenzfeststellung von Triebfahrzeugführern – Entwicklung und Anwendung eines Verhaltensmarkersystems

Inaugural Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät II der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Vorgelegt von

Dipl.-Psych. Marcus Schmitz aus Münster

Würzburg, 2013

CC BY NC ND

Erstgutachter: Professor Dr. Mark Vollrath (Braunschweig)

Zweitgutachter: Professor Dr. Wilfried Kunde (Würzburg)

Tag des Kolloquiums: 16. September 2013

Danksagung

An allererster Stelle möchte ich meine tiefe Verbundenheit zu Prof. Hans-Peter Krüger ausdrücken, der mich und meine Arbeit über viele Jahre begleitet und betreut hat. Hans-Peter Krüger verstarb am 24. Oktober 2012.

Prof. Mark Vollrath hat sich bereit erklärt, die Betreuung der Arbeit fort zu führen. Hierfür vielen Dank!

Bedanken möchte ich mich auch bei Prof. Wilfried Kunde, der sich für eine externe Erstbegutachtung eingesetzt hat.

Ein besonderes Dankeschön geht an Christian Maag. Einen besseren Teamkollegen und Reisegefährten kann man sich nicht wünschen.

Von Seiten der Deutschen Bahn geht mein ausdrücklicher Dank an Manfred Hartmann und Ingo Rudolf, die das Forschungsprojekt von Anfang bis Ende tatkräftig unterstützt haben. Der Dank gilt auch für das gesamte Team von Instruktoren, die mich an ihrem Arbeitsplatz sofort akzeptiert und anschließend mit hunderten ausgefüllten Protokollbögen versorgt haben.

Meiner Frau möchte ich für die zuversichtliche Begleitung nach und in Würzburg danken.

Widmen möchte ich diese Arbeit schließlich meinen Eltern.

Vorwort

Diese Arbeit basiert auf einem Forschungsvorhaben, das im Auftrag der Deutschen Bahn AG am Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW) der Universität Würzburg durchgeführt wurde. In dieser Arbeit werden aufgrund der Thematik zahlreiche eisenbahnspezifische Begrifflichkeiten verwendet. Diese Begrifflichkeiten sind durch den stetigen Wandel des Eisenbahnverkehrs in Deutschland und Europa häufigen Änderungen unterworfen. Der Autor hat sich dafür entschieden, die Begrifflichkeiten zu verwenden, die während des Zeitraumes der Datenerhebung Gültigkeit hatten. So wird z.B. durchweg der Begriff Triebfahrzeugführer verwendet, auch wenn dieser Beruf heute offiziell als Eisenbahnfahrzeugführer bezeichnet wird. Dies gilt auch für die Bezeichnungen der einzelnen Unternehmensbereiche der Deutschen Bahn AG, die durch die Umstrukturierung des Konzerns mehrfach verändert wurden. Im Anhang finden sich des Weiteren einige für das Verständnis der Arbeit wichtige Erläuterungen bahnbetrieblicher Begriffe und Signale.

INHALTSVERZEICHNIS

1 HINTERGRUND 8
1.1 Problemstellung 8
1.2 Zielsetzung 9

2 VERKEHRSSYSTEM EISENBAHN 11
2.1 Grundlagen des Eisenbahnverkehrs 11
2.2 Arbeitssystem Triebfahrzeugführer 13
2.3 Regelwerk 15

3 LEISTUNGSBEURTEILUNG DURCH VERHALTENSMARKER 17
3.1 Leistungsbeurteilung 17
3.1.1 Definition des Begriffs Leistungsbeurteilung 17
3.1.2 Leistungsmaße 18
3.2 Verhaltensmarker 19
3.2.1 Definition des Begriffs Verhaltensmarker 19
3.2.2 Anforderungen an Verhaltensmarker 22
3.2.3 Messung von Verhaltensmarkern 23

4 FAHRSIMULATION ALS INSTRUMENT DER LEISTUNGSBEURTEILUNG 27

5 PROBLEMBEREICHE DER GEGENWÄRTIGEN KOMPETENZFESTSTELLUNG 33
5.1 Methode und Durchführung 33
5.2 Ergebnisse 36
5.3 Diskussion 40

6 DATENKONZEPT 43
6.1 Definition des Sollverhaltens 44
6.1.1 Konzernrichtlinien (KoRil) 44
6.1.2 Ereignisse und Sollverhaltensweisen 45
6.2 Erarbeitung der Verhaltensmarker und Zuordnung zu den Sollverhaltensweisen 47
6.3 Festlegung von Bewertungskriterien mit Hilfe einer Fehler-klassifikation 51
6.4 Definition von Aufgabenanforderungen 60
6.5 Zusammenfassung und Diskussion des Datenkonzepts 63

7 FORMALE UMSETZUNG DES DATENKONZEPTS 65
7.1 Beschreibung der konkreten Fahrten 65
7.1.1 Fahrt 1 65
7.1.2 Fahrt 3 65
7.1.3 Fahrt 5 66
7.1.4 Fahrt 6 66

7.2 Formale Umsetzung des Datenkonzepts 67
7.2.1 Rohdatenstruktur unterschiedlicher Simulatoren 67
7.2.2 Darstellung des Simulatorberichts 68
7.2.3 Schwierigkeiten der Auswertung im Zusammenhang mit der Art der Datenaufzeichnung 70

8 DATENERHEBUNG 71
8.1 Datenquelle Protokollbogen 71
8.1.1 Aufbau des Protokollbogens 71
8.1.2 Abhängige Variablen (Protokollbogen) 73
8.2 Datenquelle Simulator 74
8.2.1 Beschreibung der Simulatoren 74
8.2.2 Abhängige Variablen (Simulatordaten) 76
8.3 Datenerhebung 76
8.3.1 Durchführung der Protokollierung 78
8.3.2 Durchführung der Simulatorfahrten 80

9 AUSWERTUNG 84
9.1 Wissen 85
9.2 Gesamtbeurteilung 87
9.2.1 Protokollbogen 87
9.2.2 Simulatordaten 89
9.3 Geschwindigkeit 91
9.3.1 Freie Strecke 91
9.3.2 Anschließender Weichenbereich / Langsamfahrt 99
9.3.3 Fahren auf Sicht 107
9.4 Bremsverhalten 113
9.5 Kommunikation 123
9.6 Weitere Verhaltensmarker 126
9.6.1 Beschleunigungsverhalten 126
9.6.2 Halten einer Taste (Befehlstastenbedienung) 127
9.6.3 Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis 129
9.6.4 Halt 131
9.7 Weitere Analysen 133
9.7.1 Einfluss der Fahrt 133
9.7.2 Einfluss des Unternehmensbereichs und der Baureihenkenntnis 135
9.8 Detektion sicherheitsrelevanter Fehler durch Simulator und Instruktor 138
9.9 Zusammenfassung der Ergebnisse 140
9.9.1 Ergebnisse der Protokollbogenauswertung 140
9.9.2 Ergebnisse der Simulatordatenauswertung 141

10 DISKUSSION UND TRANSFER 142
10.1 Diskussion der Ergebnisse 142
10.2 Transfer der Ergebnisse 143
10.2.1 Validierungsstudie 143
10.2.2 Technische Umsetzung 145
10.2.3 Europäische Perspektive 145
10.3 Fazit 147

11 ZUSAMMENFASSUNG 149

12 LITERATURVERZEICHNIS 151

13 ANHANG 155
13.1 Variablen der Gesamttabelle 155
13.2 Formale Beschreibung der Auswertungsroutine 156
13.3 Protokollbogen 163
13.3.1 Fahrt 1 163
13.3.2 Fahrt 3 167
13.3.3 Fahrt 5 171
13.3.4 Fahrt 6 175
13.4 Simulatorbericht 179
13.4.1 Fahrt 1 179
13.4.2 Fahrt 3 180
13.4.3 Fahrt 5 181
13.4.4 Fahrt 6 182
13.5 Begriffserklärungen 183
13.5.1 Bahnbetriebliche Begriffe 183
13.5.2 Signale 184

1 HINTERGRUND

1.1 Problemstellung

Wie auch in anderen Verkehrssystemen hat die Sicherheit im Schienenverkehr in jeder Situation oberste Priorität und steht weit vor anderen Zielen wie Pünktlichkeit oder Wirtschaftlichkeit. Für die Realisierung der größtmöglichen Sicherheit sind sowohl technische Faktoren (z.B. technische Sicherheitseinrichtungen), menschliche Faktoren (z.B. Kompetenz, Motivation) und organisatorische Faktoren (z.B. Ausgestaltung von Regelwerken) von Bedeutung. Eine besondere Rolle nehmen dabei die Triebfahrzeugführer (Tf) ein. Da die Qualifikation der Tf maßgeblichen Einfluss auf die Sicherheit und Qualität des Bahnbetriebs hat, ist eine genaue und detaillierte Kompetenzfeststellung von zentraler Bedeutung. Zu diesem Zweck führte die Deutsche Bahn AG vor mehr als zehn Jahren eine einstündige Simulatorfahrt mit Prüfungscharakter im Rahmen des Regelmäßigen Fortbildungsunterrichts (RFU) ein, die sogenannte Überwachungsfahrt. Die Überwachungsfahrt wurde flächendeckend eingeführt und ist für alle Tf der Deutschen Bahn AG verpflichtend. Für die Durchführung der Überwachungsfahrt wurden insgesamt elf Simulationszentren an unterschiedlichen Standorten in Deutschland errichtet (Abbildung 1).

Abbildung 1: Übersicht der elf Simulatorstandorte der Deutsche Bahn AG in Deutschland.

Der Schwerpunkt dieser Prüfungsfahrt liegt auf dem betrieblichen Verhalten eines Tf. Während der Überwachungsfahrt werden gezielt Ereignisse trainiert und abgeprüft, die im Alltag des Tf selten auftreten, deren fehlerhafte Ausführung aber die Sicherheit beeinträchtigen kann und unter Umständen schwerwiegende Unfälle zur Folge hat. Die oberste Maxime bei der Bewältigung dieser betrieblichen Unregelmäßigkeiten ist es daher, sicherheitsrelevante Verstöße zu vermeiden. Mit wenigen Ausnahmen (z.B. Kundendurchsagen) findet somit eine Beschränkung auf Verhaltensweisen statt, die sich an dem Grundsatz der Sicherheit orientieren. Die Überwachungsfahrt zielt konkret auf die Erhöhung der Handlungssicherheit eines Tf sowie auf die Beschreibung und Bewertung der Leistung bzw. Leistungsfähigkeit.

Die Überwachungsfahrten werden von ausgebildeten und zertifizierten Instruktoren durchgeführt. Die Aufgabe der Instruktoren besteht dabei nicht nur in der Vor- und

Nachbesprechung der Simulatorfahrt, sondern auch in der Durchführung (z.B. Setzen von Ereignissen, Kommunikation mit dem Tf in der Rolle des Fahrdienstleiters, der Betriebsleitzentrale oder des Zugführers) und Bewertung der Fahrt. Die Messung und Bewertung der Leistung eines Tf beruht dabei allein auf der Verhaltensbeobachtung des Instruktors. Die Fahrdaten aus der Simulation werden zur Leistungsmessung und Leistungsbewertung nicht herangezogen, obwohl diese Daten grundsätzlich zur Verfügung stehen.

Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten zeigen, dass die Instruktoren während einer Simulatorfahrt zwar grundsätzlich Abweichungen vom Sollverhalten erkennen, die Bewertungen des Schweregrads dieser Abweichungen jedoch teilweise weit auseinander gehen. Eine Auswertung des Verhaltens mit Rückgriff auf die Simulationsdaten kann daher viele Vorteile mit sich bringen. Hierzu gehören eine detailliertere und genauere Messung des Fahrverhaltens, eine objektivere Bewertung nach vorher festgelegten Kriterien sowie eine erhebliche Entlastung des Instruktors.

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Bewertungskonzepts, das es dem Instruktor erlaubt, vor, während und nach einer Überwachungsfahrt sämtliche Sollverhaltensabweichungen zu erkennen, nachzuweisen und zu dokumentieren, so dass darauf eine Leistungsbewertung gegründet werden kann. Dieses angestrebte Bewertungskonzept orientiert sich dabei an sogenannten Verhaltensmarkern. Unter einem Verhaltensmarker wird in diesem Kontext jeder objektive und nachprüfbare Indikator für die Fähigkeiten und Leistungen eines Tf während der Überwachungsfahrt verstanden. Die Verhaltensmarker werden eingesetzt, um Abweichungen vom vorgeschriebenen Verhalten besser erkennen und bewerten zu können. Beispiele für Verhaltensmarker sind Indikatoren des Geschwindigkeitsverhaltens (z.B. Einhaltung der Fahrplangeschwindigkeit, Einhaltung der Weichenbereichsregel), Reaktionszeiten (z.B. Einleitung der Schnellbremsung, Bedienung des Sanden-Schalters), Fehlerhäufigkeiten (z.B. Anzahl Fehlbedienung der PZB-Wachsamkeitstaste) oder auch Indikatoren des Kommunikationsverhaltens (z.B. Einhaltung des vorgeschriebenen Wortlauts). Verhaltensmarker sollen Aufschluss über die quantitative und qualitative Aufgabenbewältigung geben und so die Grundlage für eine objektive Leistungsbewertung bilden.

Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Verhaltensmarkersystem basiert zum einen auf einer standardisierten Verhaltensbeobachtung durch die Instruktoren, zum anderen auf aufgezeichneten Fahrdaten aus der Simulation. Diese beiden Informationsquellen werden in einem Datenkonzept integriert und führen zu einer Bewertung des Tf und einer detaillierten Analyse der gezeigten Leistung. Die Instruktoren sollen über die Orientierung an den entwickelten Verhaltensmarkern in die Lage versetzt werden, eine objektive und reliable Leistungsbeurteilung durchzuführen. Übergeordnetes Ziel der Einführung des Verhaltensmarkersystems ist eine Optimierung der Aus- und Fortbildung mit der Absicht einer Qualitätssteigerung der Leistungen der Tf.

Zusammenfassend gliedert sich die Entwicklung und Anwendung des Verhaltensmarkersystems in folgende Teilaufgaben:

- Entwicklung eines Datenkonzepts (Kapitel 6)
    - Definition des Sollverhaltens
    - Erarbeitung von Verhaltensmarkern
    - Festlegung von Bewertungskriterien mit Hilfe einer Fehlerklassifikation
    - Definition von Aufgabenanforderungen

- Formale Umsetzung des Datenkonzepts auf konkrete Ereignisse und Strecken (Kapitel 7)
    - Definition von Übungssituationen
    - Entwicklung eines computergestützten Simulatorberichts
- Datenerhebung (Kapitel 8)
- Auswertung (Kapitel 9)
- Diskussion und Transfer der Ergebnisse (Kapitel 10)

Diesen Kapiteln vorangestellt sind folgende Abschnitte:

- Einführung in das Verkehrssystem Eisenbahn für das grundlegenden Verständnis der gesamten Arbeit (Kapitel 2)
- Abgrenzung und Definition der für die Arbeit wesentlichen Begriffe *Leistungsbeurteilung* und *Verhaltensmarker* (Kapitel 3)
- Darstellung der Methode *Fahrsimulation* im Bereich Schienenverkehr als zentrale Methode dieser Arbeit (Kapitel 4)
- Ausführliche Darstellung der Problembereiche der gegenwärtigen Kompetenzfeststellung (Kapitel 5)

2 VERKEHRSSYSTEM EISENBAHN

Das folgende Kapitel erläutert zunächst die Grundlagen des Eisenbahnverkehrs. Diese Erläuterungen sind für das Verständnis der gesamten Arbeit unerlässlich. Genauer wird dann auf das Arbeitssystem *Triebfahrzeugführer* (Tf) eingegangen sowie auf die Tätigkeiten dieser für diese Arbeit zentralen Arbeitsposition. Der letzte Teil setzt sich mit den Regelwerken auseinander, die das Sollverhalten eines Tf im Allgemeinen und unter betrieblichen Besonderheiten regeln.

2.1 Grundlagen des Eisenbahnverkehrs

Die folgenden Erläuterungen zu Systemtechnik und Betrieb des Schienenverkehrs folgen insbesondere Pachl (2004) und Fiedler (1999) und beziehen sich, falls nicht anders benannt, auf die Betriebsweise bei der Deutschen Bahn AG. Nach Pachl (2004) ist das Eisenbahnwesen international wenig vereinheitlicht. Dies betrifft nicht nur die zum Teil gravierenden Unterschiede in den betrieblichen Regelwerken und technischen Ausrüstungsstandards, sondern beginnt schon bei den grundlegenden Definitionen des Systems Bahn. Der Eisenbahnbetrieb teilt sich auf in Eisenbahninfrastrukturunternehmen, die auf ihren Gleisen Transporttrassen zur Verfügung stellen, und in Eisenbahnverkehrsunternehmen, die mit ihren Fahrzeugen diese Gleise befahren. Neben den Eisenbahnverkehrsunternehmen der Deutschen Bahn AG gibt es knapp 400 weitere öffentliche Eisenbahnverkehrsunternehmen in Deutschland (Eisenbahnbundesamt, 2013). Für die Realisierung des gesamten Schienenverkehrs arbeiten Menschen in unterschiedlichen Positionen:

- Eisenbahninfrastrukturunternehmen: technisches Personal (Oberbau, Leit- und Sicherungstechnik, Energieversorgung, Informations- und Kommunikationstechnik), Betriebspersonal (Fahrdienstleitung, Disposition, Fahrplanerstellung, Trassenvergabe), Servicepersonal (Bahnhofspersonal)
- Eisenbahnverkehrsunternehmen: Betriebspersonal (Tf, Zugbegleitpersonal, Rangierpersonal), technisches Personal (Fahrzeuge, Werkstätten), Servicepersonal (Gastronomie, Reinigung, Sicherheit)

Der Tf bedient bzw. führt das Triebfahrzeug unter Beobachtung der Strecke und hat die Verantwortung für die korrekte Durchführung der Fahrt gemäß der Signalisierung und der Weisungen des Fahrdienstleiters. Der Zugführer ist ein Mitarbeiter am Zug, der für die Sicherheit und ordnungsgemäße Abwicklung einer Zugfahrt verantwortlich ist. Er erteilt dem Tf am Bahnhof den Abfahrauftrag und hält sich im Normalfall im Fahrgastraum auf, wo er die Fahrkarten kontrolliert und Vorgesetzter des Zugbegleitpersonals ist. Der Fahrdienstleiter ist für die Regelung und Steuerung des Zugverkehrs verantwortlich. Er bedient im Stellwerk die Weichen und Signale und stellt die Fahrstraßen für die Züge ein.

Der Schienenverkehr hat den systemimmanenten Vorteil, dass er sich besonders gut zum Transport großer Massen mit hohen Geschwindigkeiten eignet. Grund dafür sind zwei wesentliche Systemeigenschaften, die den Schienenverkehr insbesondere vom Straßenverkehr unterscheiden, nämlich die gebundene Spurführung und die geringe Haftreibung. Die Spurführung hat zur Folge, dass besondere Techniken zur Steuerung und Sicherung des Fahrwegs nötig sind (z.B. Weichen, Signale). In Stellwerken ist die Bedienung von Weichen und Signalen zentralisiert zusammengefasst. Der Haftreibungsbeiwert zwischen Rad und Schiene ist in etwa achtmal kleiner als im Straßenverkehr. Die dadurch bedingten langen Bremswege übersteigen die Sichtweite oft um ein Vielfaches. So beträgt der Regelbremsweg, auf den die Sicherungsanlagen bei Geschwindigkeiten bis 160 km/h ausgelegt sind, 1000 Meter. Die Bremsverzögerung liegt bei

etwa 1.0 m/s². Der sichere Betrieb der Eisenbahn setzt daher besondere Techniken zur Regelung und Sicherung der Zugfolge voraus.

Züge (bzw. Zugfahrten) sind auf die freie Strecke übergehende, nach einem Fahrplan verkehrende Eisenbahnen. Zum Befahren jeden Gleisabschnitts benötigt der Zug die Zustimmung des für die Regelung der Zugfolge zuständigen Fahrdienstleiters. In Abhängigkeit von der technischen Ausrüstung der Strecke wird eine Zugfahrt durch Fahrtstellung des Hauptsignals (Form- oder Lichtsignal), durch Führerraumsignalisierung, durch schriftlichen Befehl oder durch Zusatzsignal, das einen schriftlichen Befehl ersetzt, zugelassen. Züge verkehren auf technisch gesicherten Fahrstraßen und dürfen im Regelbetrieb nur in freie Gleisabschnitte eingelassen werden. Diese Abstandshaltetechnik bezeichnet man als Fahren im festen Raumabstand: Die Strecke wird durch Hauptsignale in Blockabschnitte unterteilt, in denen sich immer nur ein Zug befinden darf. Die Mindestlänge eines Blockabschnitts ist bei ortsfester Signalisierung gleich dem Bremsweg. Eine elementare Funktion des Signalsystems ist die Vorsignalisierung, d.h. die durch die langen Bremswege erforderliche Ankündigung Halt zeigender oder anderweitig die Fahrt einschränkender Signale.

Das Fahren im festen Raumabstand stellt zunächst nur ein betriebliches Verfahren dar. Die damit erreichbare Sicherheit hängt maßgeblich davon ab, mit welchen Verfahren und Techniken die Einhaltung der betrieblichen Regeln kontrolliert wird. Bei Verfahren ohne technische Sicherung ist die Sicherheit allein vom Beachten der Vorschriften durch den Menschen abhängig. Die Kommunikation erfolgt vor allem mittels technischer Telekommunikationseinrichtungen. Dieses sind genau die Umgebungsbedingungen, mit denen sich der Tf während der Überwachungsfahrt konfrontiert sieht.

Bei der technischen Sicherung gibt es zwangsläufig wirkende Abhängigkeiten zwischen den Betriebsstellen. Dazu dienen die Streckenblockanlagen. Diese stellen z.B. nach Einfahrt eines Zuges in einen Blockabschnitt das Signal für diesen Streckenabschnitt auf Halt. Erst wenn der Zug den Blockabschnitt wieder vollständig geräumt hat, wird das Signal am Blockbeginn wieder freigegeben. Die Räumung des Blockabschnitts wird über Gleisstromkreise oder Achszähler vorgenommen. Auch kann ein Fahrdienstleiter nur dann ein Signal auf Fahrt stellen, wenn der dazugehörige Fahrweg inklusive aller Weichen korrekt eingestellt und verriegelt ist und andere Fahrzeuge somit nicht in diesen Fahrweg hineinfahren können.

Die Sicherung des Fahrens im Raumabstand mittels ortsfester Signale setzt voraus, dass diese Signale vom Tf auch tatsächlich beachtet werden. Die Einhaltung der durch die Signalisierung vorgegebenen Fahrweise wird dabei nicht allein dem Menschen überlassen, sondern durch Zugbeeinflussungssysteme gewährleistet (Pachl, 2000). Zugbeeinflussungsanlagen sind Anlagen, die Informationen über die zulässige Fahrweise vom Fahrweg zum Fahrzeug übertragen und bei Abweichungen von der zulässigen Fahrweise auf dem Fahrzeug entsprechende Schutzreaktionen (in der Regel Zwangsbremsungen) auslösen. Ähnliche Systeme gibt es dabei in allen EU-Ländern, die Funktionsweisen unterscheiden sich allerdings zum Teil erheblich. Nach der Art der Informationsübertragung lassen sich Zugbeeinflussungsanlagen in punktförmig wirkende Systeme, linienförmig wirkende Systeme und Systeme mit punkt- und linienförmigen Komponenten unterscheiden.

Bei der punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB) werden insbesondere an Signalstandorten Informationen an das Fahrzeug übertragen. Hauptsächlich kontrolliert wird dabei, dass der Tf keine Halt zeigenden Signale überfährt. Nähert sich bspw. ein Zug einem Halt zeigenden Hauptsignal, so passiert er am Vorsignal einen wirksamen Gleismagneten. Für die PZB werden zwei Magnete benötigt: Einer am Fahrzeug und einer im Gleis. Beim Gleismagneten handelt es sich um einen Dauermagneten, der inaktiv geschaltet werden kann, wenn das zugehörige Signal einen Fahrtbegriff anzeigt. Je nachdem auf welche Frequenz (500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) der Gleismagnet abgestimmt ist und ob er aktiv ist, löst das im Fahrzeug eine entsprechende Reaktion aus (z.B. eine Zwangsbremsung). Der Tf muss nun innerhalb von vier Sekunden eine

Wachsamkeitstaste bedienen, um zu bestätigen, dass er die Halt zeigende Vorsignalisierung aufgenommen hat. Bleibt diese Quittierung aus, wird eine Zwangsbremsung ausgelöst. Ansonsten folgt eine Bremswegüberwachung („angehängte Geschwindigkeitsprüfung"), durch die eine Zwangsbremsung ausgelöst wird, sofern der Zug nicht innerhalb einer festgelegten Zeit seine Geschwindigkeit unter einen festgelegten Wert reduziert hat. Weitere wirksame Gleismagnete befinden sich etwa 250 Meter vor dem Hauptsignal und direkt am Hauptsignal.

Das Merkmal der linienförmigen Zugbeeinflussung (LZB) ist eine kontinuierliche Informationsübertragung zwischen Fahrweg und Fahrzeug. Dadurch ist es möglich, das Triebfahrzeug nur nach den Vorgaben der LZB zu führen. Ortsfeste Signale sind nicht unbedingt erforderlich. LZB-Systeme arbeiten generell mit einer Führerraumsignalisierung. Als Führungsgrößen werden folgende Informationen auf das Triebfahrzeug übertragen: Die örtlich zulässige Geschwindigkeit, die Zielentfernung bis zum nächsten Geschwindigkeitswechsel und die dort geltende Zielgeschwindigkeit. Auch ein automatisches Führen des Triebfahrzeugs, bei dem der Tf nur noch überwachende Funktion hat, ist möglich. Die Unabhängigkeit von den ortsfesten Vorsignalabständen erlaubt dabei auch höhere Geschwindigkeiten als 160 km/h.

Ein weiteres, die Sicherheit im Schienenverkehr steigerndes System ist die Sicherheitsfahrschaltung (Sifa). Diese überwacht die Handlungsfähigkeit des Tf, indem dieser einen Fuß- oder Handschalter regelmäßig bedienen muss. Reagiert der Tf nicht (z.B. weil er ohnmächtig geworden oder eingeschlafen ist), führt dies nach einer optischen und akustischen Warnung zu einer Zwangsbremsung des Zuges.

2.2 Arbeitssystem Triebfahrzeugführer

Das Arbeitssystem des Tf setzt sich aus Arbeitsperson und der Arbeitsaufgabe zusammen und hängt zusätzlich von der unmittelbaren Tätigkeit (aufgabenspezifische Tätigkeitsbedingungen) sowie technischen und sozialen Bedingungen (situationsspezifische Umgebungsbedingungen) ab.

Insgesamt können die Arbeitsaufgaben eines Tf folgendermaßen klassifiziert werden (Europäische Kommission, 2004):

- Durchführung von vorgeschriebenen Prüfungen vor Fahrtantritt, insbesondere im Hinblick auf die Funktion und die Belastbarkeit des Fahrzeugs
- Mitwirken beim Überprüfen der Wirksamkeit der Bremseinrichtungen
- Sachgerechtes und sicheres Führen von Triebfahrzeugen unter Beachtung der Signale, der vorgegeben Fahrzeiten und der zulässigen Geschwindigkeiten
- Bedienen der Sifa und der Zugbeeinflussungsanlagen sowie Beobachten und Bedienen der Instrumente
- Frühzeitiges Erkennen und Lokalisieren von technischen und betrieblichen Störungen sowie außergewöhnlichen Ereignissen und gegebenenfalls Überprüfen der Wagen auf Schäden und Mängel, Schützen des Zuges und Herbeirufen von Hilfe
- Beseitigen leichter Störungen sowie Einleiten von Maßnahmen für die Beseitigung von größeren Störungen am Triebfahrzeug
- Abstellen und Sichern des Zuges
- Mündliches und schriftliches Melden von besonderen Vorkommnissen und über die Durchführung eines Auftrags

Rookmaaker und Vorderegger (1999) ordnen die Tätigkeit des Tf grob in vier Hauptaufgaben. Sie sprechen von (1) operativen Aufgaben, (2) überwachenden Aufgaben, (3) technischen Aufgaben und (4) Aufgaben im Bereich des Kundenservices. Die Einregelung der Geschwindigkeit, das

Halten an Bahnhöfen sowie die Bedienung der Zugsicherung stellen dabei Routinetätigkeiten dar. Ist der Zug zusätzlich mit einer automatischen Fahr- und Bremssteuerung ausgestattet und der Zug und die Strecke mit einem modernen Zugsicherungssystem ausgerüstet, wird die Arbeit des Tf in großen Teilen zu einer Überwachungstätigkeit. Die wichtigste Rolle für die korrekte Durchführung dieser Hauptaufgaben spielt für den Tf die genaue Kenntnis des betrieblichen Regelwerks.

Aus den Aufgaben lassen sich folgende Anforderungen an einen Tf ableiten: Die Fähigkeit Informationen zu speichern und abzurufen, vorausschauend zu denken und Folgen des eigenen Handelns abschätzen zu können, schnelle Reaktionsfähigkeit, die Fähigkeit präzise Bedieneingaben durchzuführen, die Fähigkeit Monotonie zu ertragen und dabei die Aufmerksamkeit aufrecht erhalten zu können und schließlich extreme Umwelteinflüsse ertragen und physiologische Bedürfnisbefriedigung aufschieben zu können. Auch unter Belastung muss korrektes Handeln gewährleistet sein.

Die Arbeitssituation des Tf hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert. Auf der einen Seite ist es durch technische Neuerungen an Fahrzeugen und Infrastruktur und der damit verbundenen Erhöhung der Automatisierung zu Erleichterungen im Arbeitsalltag gekommen. Der informationsverarbeitende Tätigkeitsanteil hat zugenommen, körperliche Anforderungen haben dagegen stark abgenommen. Auf der anderen Seite ist die berufliche Belastung für einen Tf weiterhin hoch. Durch Schichtarbeit und unregelmäßigen Wechseldienst kommt es zu physischer und psychischer Belastung (Leutner & Debus, 1995).

Eine besondere Schwierigkeit für den Tf besteht in der unvermittelten Unterbrechung eines automatisierten Tätigkeitsablaufs durch ein unvorhergesehenes und seltenes Ereignis. Beispiele für solche Ereignisse sind Störungen am Triebfahrzeug (z.B. Absturz des LZB-Rechners, Zwangsbremsungen unbekannter Ursache), Störungen an Streckeneinrichtungen (die z.B. ein manuelles Sichern eines Bahnübergangs notwendig machen) oder Unregelmäßigkeiten im Gleisbereich (die z.B. einen Nothaltauftrag oder ein Zurücksetzen des Zuges notwendig machen).

Die damit verbundenen Belastungen sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen, die sich jedoch methodisch und von der inhaltlichen Zielsetzung her unterscheiden. Um die Fülle von Untersuchungen inhaltlich einordnen zu können, scheint es daher sinnvoll, ein Ordnungsschema aufzustellen. Im Mittelpunkt steht dabei der Zustand des Tf, der zum einen von erschwerenden Rahmenbedingungen negativ beeinflusst wird, zum anderen aber einen direkten Einfluss auf die unmittelbare Ausübung der Tätigkeit und der damit verbundenen Anforderungen hat (siehe Abbildung 2). Der Großteil der Studien beschäftigt sich mit einer Veränderung der Rahmenbedingungen, unter denen der Tf seine Tätigkeit auszuführen hat. Dabei können betriebliche, technische und organisatorische Rahmenbedingungen unterschieden werden.

Betriebliche Rahmenbedingungen beinhalten das Betriebsverfahren, das Zugsicherungssystem und mögliche betriebliche Unregelmäßigkeiten. Technische Rahmenbedingungen beziehen sich auf die Einführung von neuen technischen Systemen, die allerdings wiederum einen Einfluss auf den Betriebsablauf haben können. Organisatorische Rahmenbedingungen beziehen sich hauptsächlich auf die Arbeitszeitregelungen. Aber auch strukturelle Veränderungen des Unternehmens haben einen Einfluss auf die Tätigkeit des Tf. So hatte die in den letzten Jahren durchgeführte Bahnreform u.a. eine Aufteilung der Unternehmensbereiche zur Folge, was einen erheblichen Einfluss auf die Tätigkeit der bei der Deutschen Bahn AG beschäftigten Tf hatte. Durch die Trennung der Unternehmensbereiche ist ein Tf heute entweder im Fernverkehr, im Nahverkehr oder im Güterverkehr eingesetzt. Damit ist die Vielfalt und Abwechslung der Tätigkeit eines Tf deutlich eingeschränkt. Ein Tf ist heute – im Gegensatz zu früher – in aller Regel allein im Führerraum und damit der einzige Verantwortliche. Er kann sich bei betrieblichen Unregelmäßigkeiten neben seinen im Gedächtnis gespeicherten Informationen nur auf schriftliche oder technisch übermittelte Informationen stützen. Menschliche Unterstützung ist lediglich über Funk möglich.

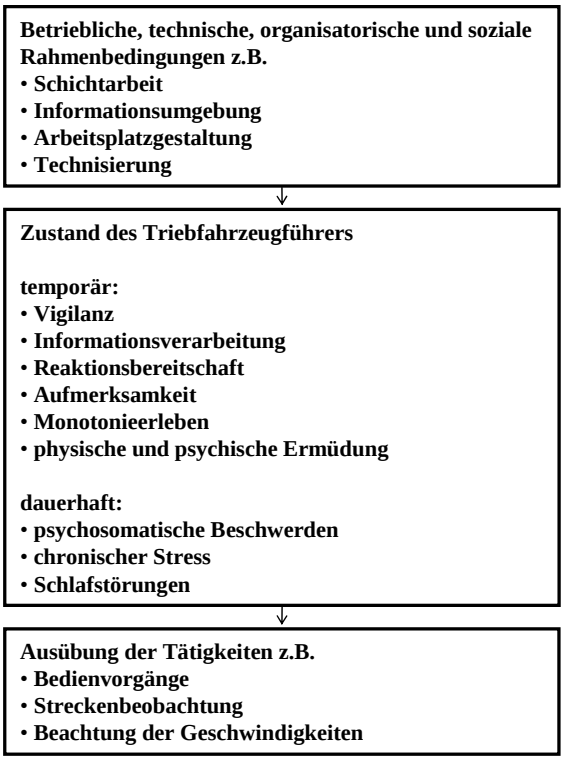


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Einflusses der Rahmenbedingungen auf den Zustand und die Tätigkeit des Triebfahrzeugführers.

Einen Überblick über arbeitspsychologische Studien zu Themenfeldern wie Müdigkeit, Belastung und Beanspruchung oder Aufmerksamkeit findet sich bei Maag, Schmitz und Fröschl (2009).

2.3 Regelwerk

Andersen (1999) beschreibt das Regelwerk – neben dem Personal, den technischen Sicherungssystemen und einem Sicherheitsmanagementsystems – als einen von vier Faktoren, von denen die Sicherheit im Eisenbahnverkehr maßgeblich abhängt. Diese vier Faktoren hängen eng miteinander zusammen. Fällt etwa das technische Sicherungssystem aus, kommt es darauf an, dass das Regelwerk das weitere Vorgehen beschreibt und das Personal die entsprechenden Vorschriften umsetzt. Sollte das Regelwerk komplizierte oder gar widersprüchliche Angaben machen, wird es für das Personal schwierig, angemessen und regelkonform zu handeln. Als Beispiel kann hier die Definition des anschließenden Weichenbereichs gelten (Deutsche Bahn AG, 2009):

> *Der anschließende Weichenbereich ist wie folgt begrenzt: Der Anfang liegt an dem Signal, ab dem die Fahrt zugelassen wird. Das Ende liegt*
>
> - *bei einer Fahrt auf Einfahrsignal oder Zwischensignal am folgenden Hauptsignal oder an einem etwa davorliegenden - bei mehreren, am letzten - gewöhnlichen Halteplatz des Zuges,*
> - *bei einer Fahrt auf Ausfahrsignal hinter der letzten Weiche im Fahrweg, wenn keine Weiche vorhanden ist, am Ausfahrsignal,*
> - *auf Abzweigstellen, Überleitstellen und auf Anschlussstellen mit Hauptsignal hinter der letzten Weiche im Fahrweg.*
>
> *Ist am Ende eines anschließenden Weichenbereichs eine höhere Geschwindigkeit zugelassen, darf die Geschwindigkeit erst dann erhöht werden, wenn der Zug den anschließenden Weichenbereich vollständig verlassen hat. Dies gilt nicht bei Halt am gewöhnlichen Halteplatz.*

Ein Auszug aus dem Unfallbericht von Brühl (Grauf et al., 2000) unterstreicht die Problematik dieser komplizierten Regel:

> *„Die Weichenbereichsregel enthält komplizierte und damit für das Eisenbahnpersonal schwer umsetzbare Fallunterscheidungen, die unterschiedliche Verhaltensweisen bedingen, je nachdem, ob ein Zug in einen Bahnhof einfährt und am Bahnsteig anhält, durchfährt oder ausfährt. Hinzu kommt die Schwierigkeit, besonders bei Dunkelheit das Ende des Weichenbereichs zuverlässig zu identifizieren (S. 66).“*

Die Weichenbereichsregel ist aber nur ein Beispiel für eine Verknüpfung von teils ungünstigen durch die Organisation geschaffenen Rahmenbedingungen und menschlichen Fehleinschätzungen. Elms (2001) beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit der nicht zu überblickenden Fülle an Vorschriften und Richtlinien. Als besonders problematisch betrachtet er die stetige Zunahme von Regelwerken. Hauptgrund sei die fehlende Bereitschaft, alte und überholte Regeln aus den Richtlinien zu streichen.

3 LEISTUNGSBEURTEILUNG DURCH VERHALTENSMARKER

Die für diese Arbeit wesentlichen Begriffe *Leistungsbeurteilung* und *Verhaltensmarker* sollen in den folgenden Abschnitten eingegrenzt und klar definiert werden. Neben der Definition des Begriffs *Leistungsbeurteilung* werden auch die in der Arbeit verwendeten Leistungsmaße umrissen. Der Definition des Begriffs *Verhaltensmarker* folgen eine Darstellung der Anforderungen, die Verhaltensmarker grundsätzlich erfüllen sollten sowie eine begründete Auswahl der Erhebungsmethoden, die im Rahmen dieser Arbeit Anwendung finden.

3.1 Leistungsbeurteilung

3.1.1 Definition des Begriffs Leistungsbeurteilung

Im Kontext dieser Arbeit steht der Begriff *Leistung* ganz allgemein für das erfolgreiche Erreichen eines Ziels bzw. für das erfolgreiche Lösen von Aufgaben. Für die Erbringung einer guten Leistung sind dabei vor allem die Befähigung und der Ausbildungsstand entscheidend. Auf dieser Definition baut auch die Leistungsbeurteilung auf, die besonders in der Psychologie eine lange Tradition hat (Gundlach, 2009). Eine sehr umfassende arbeitspsychologische Definition des Begriffes Leistungsbeurteilung findet sich bei Becker (1994). Er beschreibt Leistungsbeurteilung als:

> *„planmäßige und formalisierte Gewinnung, Verarbeitung und Auswertung von Informationen über die in einer bestimmten Periode erbrachte Leistung eines Organisationsmitglieds durch dazu beauftragte Beurteiler hinsichtlich vorab vereinbarter Leistungskriterien."*

Tatsächlich beobachtete Ist-Leistungsergebnisse werden demnach mit einem Soll-Leistungsergebnis verglichen. Die einzelnen Bestandteile eines Leistungsbeurteilungsprozesses sind nach Becker:

- Festlegung des Ziels der Leistungsbeurteilung
- Bestimmung der Leistungskriterien
- Auswahl der Beurteilungsverfahren
- Beobachtung der Leistungserbringung
- Leistungsbewertung
- Feedbackgespräch

Dabei ist eine regelmäßige Leistungsbeurteilungen des Personals für die Erfüllung der Organisationsziele unerlässlich. Dies gilt in besonderem Maße für Arbeitsplätze, die mit hohem Schadensrisiko behaftet sind und daher das vorrangige Organisationsziel in der Abwendung von Schadenereignissen liegt. Eine zuverlässige Leistungsbeurteilung mit gerechten Ergebnissen bildet jedoch an Arbeitsplätzen, bei denen keine objektiven Kriterien wie z.B. Stückzahlen oder Umsatzerlöse herangezogen werden können, eine schwierige Aufgabe. Die Ziele einer Leistungsbeurteilung können dabei vielfältig sein. Die Ergebnisse können als Grundlagen zur Entscheidung über Entgeldfindung, Beförderung oder Kündigung dienen, zur Feststellung von individuellen Stärken und Schwächen bis hin zur nachvollziehbaren Dokumentation bei der Begründung von Personalentscheidungen gemäß rechtlichen und tariflichen Anforderungen (Cleveland, Murphy & Williams, 1989). Die Leistungsbeurteilung besitzt weiterhin den Charakter einer Intervention. Die Dokumentation der Überwachungsergebnisse dient des Weiteren auch als Nachweis der Leistungsbeurteilung.

3.1.2 Leistungsmaße

Für die Leistungsmessung steht eine eine große Anzahl an Leistungstests zur Verfügung (vgl. Schuler, 2004; Kanning & Holling, 2002). Der Begriff Leistungstest steht dabei ganz allgemein für eine Gruppe von Testverfahren, bei denen die Leistungsfähigkeit einer Person ermittelt wird. Allgemeine Leistungstests erfassen Funktionsbereiche wie bspw. Aufmerksamkeit oder Konzentration. Spezielle Leistungstests prüfen Funktionen und Fähigkeiten in motorischen und/oder sensorischen Bereichen und erfassen bspw. räumliches Vorstellungsvermögen und/oder Gedächtnisleistungen. Die meisten Leistungstests sind daraufhin konstruiert, den Grad der Kompetenz zu bestimmen, die durch Lernen oder Üben erworben wurde. Bei der Messung der Leistung wird in der Regel zwischen subjektiven und objektiven Maßen unterschieden (Landy & Farr, 1983). Während subjektive Maße in der Literatur ausführlich beschrieben werden (z.B. Becker, 1994; Wagner & Goffin, 1997; Landy et al., 1983), findet sich zu objektiven Maßen relativ wenig Literatur. Diese objektiven Maße beziehen sich zudem fast ausschließlich auf wirtschaftliche Kriterien wie bspw. Produktivität oder Verkaufszahlen (z.B. Bommer, Johnson, Rich, Podsakoff, & MacKenzie, 1995; Hoffmann, Nathan & Holden, 1991).

Subjektive Maße

Subjektive Urteile zur Leistungsmessung werden in der Regel durch Beobachtung aus dem Verhalten erschlossen. Im Allgemeinen wird zwischen absoluten und relativen Verfahren zur Bewertung des gezeigten Verhaltens unterschieden. Absolute Bewertungen bewerten gegen einen absoluten Standard. So werden bspw. bei graphischen und verhaltensverankerten Ratingskalen Verhaltensbeobachtungen, Ergebnis- oder Merkmalseinschätzungen auf mehrstufigen Skalen vorgenommen. Zur Beurteilung werden Stichworte oder kurze Sätze vorgegeben, auf der Skala soll der Grad der Ausprägung des jeweiligen Verhaltens bzw. Merkmals angegeben werden. Die Skalenenden und Skalenpunkte werden entweder mit Zahlen und Adjektiven gekennzeichnet (graphische Ratingskalen) oder durch spezifische Verhaltensbeispiele, die eine Abstufung der Effektivität des Verhaltens darstellen (verhaltensverankerte Ratingskalen). Bei Verhaltensbeobachtungsskalen notiert der Beurteiler, ob ein Verhalten gezeigt wurde oder nicht bzw. wie häufig es gezeigt wurde. Checklisten und sogenannte *forced choice*-Skalen geben Verhaltensaussagen vor, bei welchen der Beurteiler angeben soll, ob sie auf die Beurteilten zutreffen oder nicht. Bei Checklisten ergibt sich ein Gesamtwert aus allen mit „trifft zu" beantworteten Items. Bei den *forced choice*-Skalen werden Aussagen in Gruppen vorgegeben, die Beurteiler müssen aus jeder Gruppe die Aussage auswählen, die am besten auf den Beurteilten zutrifft. Der Vorteil dieser Verfahren liegt in der Vergleichbarkeit der Urteile, da alle Personen an den gleichen Standards gemessen werden. Sie sind zudem einfach zu handhaben und erreichen allgemein eine hohe Akzeptanz.

Relative Bewertungen vergleichen die Leistung zweier oder mehrerer Personen miteinander. Bei relativen Verfahren werden die zu Beurteilenden miteinander verglichen und bzgl. ihrer Leistung in eine Rangreihe gebracht oder beim Paarvergleich paarweise bzgl. der einzelnen Kriterien miteinander verglichen. Aus den einzelnen Vergleichen wird dann eine Gesamtrangreihe gebildet. Beim Rangordnungsverfahren werden die Beurteilten direkt in eine Rangreihenfolge gebracht. Relative Verfahren weisen in der Regel eine hohe Reliabilität auf und können Fehlern bei der Beurteilung entgegen wirken (z.B. Halo-Effekt, Tendenz zur Milde/Strenge), sind allerdings oft nicht sehr valide.

Kritik an subjektiven Maßen besteht vor allem aufgrund ihrer Anfälligkeit gegenüber Urteilsverzerrungen. (vgl. Balzer & Sulsky, 1992; Forgas & George, 2001; Fried, Levi, Ben-David & Tiegs, 2000; Hauenstein, 1992).

Objektive Maße

Während subjektive Maße aus der Beurteilung der Leistung einer Person bestehen, sind objektive Maße als direkte Maße zählbarer Verhaltensweisen oder Ergebnisse definiert (Bommer et al., 1995). Mit Hilfe objektiver Daten können nicht nur Aussagen über die Leistung individueller Personen getroffen werden, sondern die Leistung mehrerer Personen miteinander verglichen werden.

Wie die Erfahrungen aus der Fahrsimulation mit Kraftfahrzeugen zeigen, ist ein großer Teil sicherheitskritischer Verhaltensweisen über objektive Fahrdaten zu operationalisieren (Neukum, Lang & Krüger, 2003; Buld, Krüger, Hoffmann, Kaussner, Tietze & Totzke, 2002). Die Simulationsdaten stellen zum einen den exakten Zeitschrieb der Bedienhandlungen zur Verfügung, zum anderen liegen Daten der Bewegung des Fahrzeugs in der Umwelt vor, die einer sicherheitskritischen Bewertung unterzogen werden können. Bei den Bedienhandlungen sind beispielhaft zu nennen: (1) Die zeitliche Sequenz der Teilhandlungen, (2) die Reaktionszeit bis zur Auslösung und Dauer der Teilhandlung sowie (3) die Präzision einer Bedienhandlung bzw. die Anzahl an Korrekturen. Bei den Fahrzeug- und Umweltparametern können dies die Geschwindigkeit, Verzögerung bzw. Beschleunigung des Triebfahrzeugs oder die Befolgung von Signalen in raumzeitlicher Darstellung sein.

3.2 Verhaltensmarker

3.2.1 Definition des Begriffs Verhaltensmarker

Ein Blick in die Literatur offenbart, dass der Begriff Verhaltensmarker nicht einheitlich verwendet und verstanden wird. Die im psychologischen Kontext veröffentlichen Artikel, in denen der Begriff Verhaltensmarker oder englischsprachig *behavioral markers* eingesetzt wird, geht vor allem auf die Messung und Optimierung nicht-technischer Fähigkeiten von Mitgliedern einer Flugzeugcrew unter dem Begriff *crew resource management* zurück. Ziel eines CRM-Trainings soll die Verbesserung der Sicherheit und Verringerung der Unfallraten sein. Ein CRM-Training umfasst Inhalte, die als *human factors* im Zusammenhang mit Fehlerreduktion und Sicherheit eine Rolle spielen. Je nach Autor, werden diese verschieden gruppiert, meistens ergeben sich jedoch vier bis sechs Kategorien, wie bspw.:

- Teamarbeit, Führung, Situationsbewusstsein, Entscheidungen treffen, Kommunikation, persönliche Grenzen (Flin & Martin, 2001).
- Instruktion und Kommunikation, Führung und Teamarbeit, Situationsbewusstsein, Entscheidungen treffen / planen, Selbstbewertung der Crew, Automation und Technologie (Seamster, Prentiss & Edens, 1999)

CRM-Trainings unterscheiden eine Wissens- und eine Fähigkeitskomponente. Während Wissen allein durch Präsentationen und Dokumente vermittelt werden kann, müssen Fähigkeiten interaktiv im Simulator trainiert werden (Seamster et al., 1999).

Einige Artikel übertragen die Ergebnisse aus der Fliegerei auf andere Hochrisikobereiche wie Kernkraftwerke oder petrochemische Anlagen (Flin, 1995; O´Connor & Flin, 2003). Abgewandelt und angepasst werden die Verhaltensmarker auch für den Einsatz von Anästhesieteams bei ihrer Arbeit in Operationssälen. Der Begriff *performance markers* (in Abgrenzung zu *behavioral markers*) hingegen wird hauptsächlich verwendet, um die Qualitätsmerkmale von technischen Produkten zu bewerben.

Es gibt zahlreiche Artikel, die sich auf das Training von CRM beziehen, jedoch nur wenige zur Messung bzw. Erfassung von nicht-technischen Fähigkeiten und damit verbundenen Verhaltensmarkersystemen.

Ein Verhaltensmarkersystem kann als Taxonomie oder Auflistung von beobachtbaren Schlüsselverhaltensweisen definiert werden, die mit einer effektiven, sicheren Arbeitsleistung an einem bestimmten Arbeitsplatz verbunden sind (Klampfer et al., 2001). Diese Definition stimmt mit anderen Definitionen überein (vgl. Flin & Martin, 2001), die Verhaltensmarker als ein vorgegebenes Set von Verhaltensweisen definieren, die als Indikatoren bestimmter Aspekte menschlicher Leistung gelten.

Bisher gibt es nur begrenzte Forschung zur Entwicklung von Verhaltensmarkersystemen. Flin und Martin (2001) fassen die Literatur in einem Review zusammen und berichten über die Praxis in der Entwicklung und der Verwendung von Verhaltensmarkern für das Training und die Erfassung nicht-technischer Fähigkeiten in der Fliegerei. Grundlage vieler Verhaltensmarkersysteme ist die *Line/Los-Checklist* (LLC) (Helmreich, Wilhelm, Kello, Taggart & Butler, 1990). Sie wird verwendet, um nicht-technische Fähigkeiten einzuschätzen. Abgefragt werden hierbei acht Verhaltenskategorien: Teammanagement, Crewkommunikation, Situationsbewusstsein, Entscheidungen treffen, Automationsmanagement, spezielle Situationen, technisches Können und allgemeine Beobachtungen.

Lange Zeit lag das Interesse von Verhaltensmarkersystemen ausschließlich auf der Erfassung nicht-technischer Fähigkeiten. In der letzten Zeit kommt man jedoch von dieser strikten Trennung wieder ab, da sich technische und nicht-technische Fähigkeiten oft überschneiden und nicht-technische Fähigkeiten daher oft nicht isoliert betrachtet werden können. Eine deutsche Fluglinie entwickelte bspw. ein detailliertes Verhaltensmarkersystem, welches sich nicht ausschließlich auf nicht-technische Fähigkeiten konzentriert, sondern ein umfassendes Kompetenzprofil des Piloten bzw. der Crew liefert (Hörmann, Burger und Neb, 2003). Die Beurteilung der Leistung umfasst die Kompetenzbereiche interpersonale Kompetenz, technische Kompetenz und prozedurale Kompetenz:

- Interpersonale Kompetenz
  - Kommunikation
  - Führung und Teamarbeit
  - Workload-Management
  - Situationsbewusstsein und Treffen von Entscheidungen
- Technische Kompetenz
  - Manuelle Flugzeugkontrolle
  - Systemwissen
  - Verwendung von Automation
- Prozedurale Kompetenz
  - Wissen über Abläufe
  - Befolgen der Abläufe

Ein großer Vorteil der Integration der nicht-technischen Fähigkeiten in ein umfassendes Kompetenzprofil ist ein besseres Verständnis und eine bessere Akzeptanz des Systems durch das Trainingspersonal, das Prüfpersonal und schließlich durch die Trainingsteilnehmer. Interpersonale Fähigkeiten stehen nicht mehr als isolierter Zusatz zu anderen Leistungskriterien der Probanden, sondern sind in ein komplettes Leistungsprofil integriert.

Nach Klampfer et al. (2001) zeichnen sich gute Verhaltensmarker dadurch aus, dass sie

- spezifische, beobachtbare Verhaltensweisen beschreiben, nicht Einstellungen oder Persönlichkeitszüge,
- eine kausale Beziehung zur Leistung aufweisen und
- eine einfache, auf das Anwendungsgebiet passende Ausdrucksweise verwenden.

Sie ermöglichen die Erfassung der Leistung und liefern eine Rückmeldung der Leistung auf individueller, organisatorischer, Team- und Systemebene. Die Grenzen von Verhaltensmarkersystemen liegen zum einen in der geringen Auftretenswahrscheinlichkeit einiger Verhaltensweisen und zum anderen an den Leistungsgrenzen des Beobachters, der nicht jeden entscheidenden Leistungs- und Verhaltensaspekt festzuhalten vermag. Zudem ist bei der Implementierung von Verhaltensmarkersystemen zu beachten, dass ein umfangreiches Beurteilertraining (anfänglich und wiederkehrend) notwendig ist, um die Beurteiler mit dem System und vor allem der Verwendung der Kategorien vertraut zu machen.

Bezogen auf die vorliegende Arbeit besteht die Idee der Verhaltensmarker darin, Verhaltensmuster zu detektieren, die geeignet sind, Aussagen über die Leistung eines Tf in einer vorgegebenen Situation direkt aus dem gezeigten Verhalten während einer Überwachungsfahrt abzuleiten. Unter einem Verhaltensmarker wird in diesem Kontext verstanden:

> *Jeder nachprüfbare Verhaltensindikator, der über die Art der Aufgabenbewältigung Aufschluss gibt.*

Unter Aufgabenbewältigung ist die qualitative und quantitative Ausprägung des Prozesses und des Ergebnisses einer Beschäftigung mit einer Aufgabe zu verstehen. Die oben genannten Verhaltensmuster ergeben sich dabei direkt aus der Beschreibung des hoch strukturierten Arbeitsplatzes eines Tf und aus den Konzernrichtlinien, die in ihren Ausführungen nur wenig Spielraum für eigene Entscheidungen zulassen. Die Orientierung an den Fahrdienstvorschriften (auch: Konzernrichtlinien) erleichtert dabei die Definition entsprechender Verhaltenskriterien. Entscheidend ist ein Zusammenhang zwischen den Verhaltensmustern und dem Gesamtergebnis der Überwachungsfahrt. Das Gesamtergebnis ergibt sich dabei maßgeblich aus der Abweichung des Verhaltens des individuellen Tf von dem vorgeschriebenen Sollverhalten. Die Realitätsnähe der Verhaltenskriterien bleibt gewahrt, wenn Verhaltensweisen herangezogen werden, die ohnehin während des Führens eines Zuges auftreten.

Im Rahmen der getroffenen Definition ist es absolut notwendig, sowohl die Leistungsmessung, als auch die Leistungsbeurteilung zu integrieren. So entsteht über die beiden zur Verfügung stehenden Datenquellen Simulator und Instruktor auf Grundlage der Verhaltensmarker eine detaillierte Beschreibung des gezeigten Verhaltens während der Simulatorfahrt. In einem zweiten Schritt wird das gezeigte Verhalten dann einer Bewertung nach vorher festgelegten Kriterien zugeführt.

Tabelle 1 stellt die Grundstruktur eines solchen Bewertungsprozesses dar; ein Prozess, der sich aus Simulatorstudien zur Beurteilung der Handlungssicherheit ableitet. Das später in dieser Arbeit entwickelte Datenkonzept orientiert sich an dieser Grundstruktur.

Tabelle 1: Grundstruktur des Bewertungsprozesses.

Situationen	**Messwert**	**Norm**	**Bewertung pro Sollverhalten**				**Gesamtbewertung Situation**			
			kritisch	bedingt	subopt.	optimal	kritisch	bedingt	subopt.	optimal
Situation 1										
Sollverhalten 1	**123**	**+**				**x**				
Sollverhalten 2	**456**	**0**			**x**					
...										
Situationsbewertung			∑	∑	∑	∑				**x**
Situation 2										
Sollverhalten 1	**678**	**-**	**x**							
Sollverhalten 2	**345**	**-**		**x**						
...										
Situationsbewertung			∑	∑	∑	∑	**x**			

Auf der Basis einer detaillierten Situationsanalyse und der entwickelten Verhaltensmarker wird ein Beurteilungsprotokoll erstellt. Die Messwerte für die einzelnen Verhaltensmarker können unter Rückgriff auf die Normen für die Messwerte in Klassen (+ / 0 / -) kategorisiert werden, die dann von Experten nach den Bewertungskategorien klassifiziert werden.

Als Kategorien zur Einordnung der Leistungsbewertung werden vorgeschlagen:

- optimal: keine Fehler, guter bis ausgezeichneter Ablauf
- suboptimal: keine direkten Fehler, aber zu verbessender Handlungsablauf
- bedingt kritisch: Fehler nicht fatal, nur unter besonderen Bedingungen
- kritisch: sicherheitsrelevant; aufgetretene Fehler nicht akzeptabel

Über eine weitere Konvention werden die Bewertungen der Teiltätigkeiten in eine Gesamtbewertung pro Situation überführt. In einem weiteren Schritt werden schließlich Konventionen eingeführt, die die Situationsbewertungen in eine Gesamtbewertung pro Überwachungsfahrt überführen. Die hier dargestellte Eingruppierung ermöglicht eine wesentlich spezifischere Leistungsbeurteilung als eine reine 0/1-Bewertung. Eine detaillierte Analyse von Fehlhandlungen in der Überwachungsfahrt ist vor allem notwendig, um entsprechende Beobachtungskategorien formulieren und Kriterien entwickeln zu können. Weiter kann diese Fehlerklassifikation dazu dienen, gezielte Interventionsmaßnahmen einzuleiten und damit effizient zur Qualitätssicherung des Arbeitshandelns beitragen zu können, da der reine Hinweis, dass etwas falsch gemacht wurde, wenig hilfreich ist.

3.2.2 Anforderungen an Verhaltensmarker

Als grundlegende Anforderungen an Verhaltensmarker sind die Sensitivität und die Spezifität zu nennen. Ein sensitiver Verhaltensmarker misst die Leistung des Tf möglichst exakt. Sind Verhaltensmarker auch spezifisch, dann messen sie jeweils Unterschiedliches und es können genauere Angaben darüber gemacht werden, welche Ursachen das gezeigte Verhalten und die erreichte Leistung des Tf haben, ob z.B. aufgetretene Fehler auf den Prüfungsstress oder etwa auf fehlende Kenntnisse der Konzernrichtlinien zurückzuführen sind. Die Messung kann auf verschiedenen Dimensionen unterschiedlichen Abstraktionsniveaus mit verschiedener zeitlicher Auflösung geschehen. Verhalten ist damit beschreibbar durch (1) Verhaltensmaße, die beobachtbare Reaktionen beschreiben, (2) in physiologischen Maßen und (3) in subjektiven Maßen, sofern diese objektiv festgehalten werden. Ein Verhaltensindikator ist nachprüfbar, wenn er in einem weiteren Beobachtungsvorgang in vergleichbarer Weise qualitativ und quantitativ bestimmt wird. Dies ist bei objektiven apparativen Messungen im Rahmen von bestimmbaren Fehlertoleranzen gegeben. Bei Indikatoren, die auf Beobachtungen beruhen, ist die Nachprüfbarkeit über Beurteilerübereinstimmung zu überprüfen. In Analogie zu den von O'Donnell und Eggemeier (1986) beschriebenen Techniken zur Beanspruchungsmessung muss die Messung von Verhaltensmarkern folgenden Anforderungen genügen:

- **Sensitivität**: Eignung der Technik, Variationen im Ausmaß der Aufgabenbewältigung abzubilden
- **Spezifität**: Eignung der Technik, zwischen verschiedenen Arten der Aufgabenbewältigung zu unterscheiden
- **Reaktivität**: Grad der Beeinflussung der Messung durch die Messmethode
- **Anwendungsvoraussetzungen**: Aufwand, den die Methode für den Probanden und für den Experimentator mit sich bringt (unangenehm, hohe Kosten)
- **Akzeptanz**: Grad, in dem der Operator bereit ist, die Methode anzuwenden.

Die ersten beiden Dimensionen entsprechen den aus der Testpsychologie bekannten Größen der Reliabilität und Validität. Zur Kategorie „Reaktivität" gehört auch der Bereich Messverzerrung durch die bloße Tatsache, dass gemessen wird. Dies kann sich äußern durch die Veränderung der Tätigkeit durch die Messung selbst, wie z.B. durch erhöhte Aufmerksamkeit oder durch eine erlebte höhere Wertschätzung, bis hin zur bewussten Täuschung des Untersuchungsleiters bzw. des Instruktors.

In der Objektivierung des Verhaltens und damit in seiner Messbarkeit liegt ein weiterer Schwerpunkt eines Verhaltensmarkersystems. Eine Objektivierung der Leistungsbeurteilung ist aus mehreren Gründen wünschenswert. Der Beurteilungsprozess eines Beobachters ist Einflüssen ausgesetzt, die das Beurteilungsergebnis verzerren können. Sollte die Beurteilung zusätzlich in einer Umgebung stattfinden, in der zahlreiche Störungen von außen die Konzentration des Beobachters beeinflussen und seine Aufmerksamkeit beeinträchtigen, ist eine zuverlässige Beurteilung nicht zu leisten. Die Ergebnisse einer Leistungsbeurteilung können für die betroffene Person jedoch in bestimmten Fällen ernsthafte Konsequenzen bis hin zum Verlust des Arbeitsplatzes nach sich ziehen. Die hohen Kosten für die Anschaffung und Unterhaltung eines Messinstrumentes ohne eine verlässliche Prüfung der Messmethode lassen sich vor diesem Hintergrund nicht rechtfertigen. Daher ist die Entwicklung eines zuverlässigen Messsystems unerlässlich. Erstrebenswert wäre es darüber hinaus, neben einer punktuellen Leistungsbeurteilung, eine Leistungsvorhersage treffen zu können.

Eine weitere wichtige Anforderung bei der Entwicklung und Einführung eines Verhaltensmarkersystems ist die Akzeptanz aller später beteiligten Personen, wie die Tf, die Instruktoren und bahnbetriebliche Experten. Schuler und Stehle (1983) postulieren vier Komponenten, die bestimmen, wie sozial akzeptabel Auswahl- bzw. Bewertungssituationen sind:

- Zuverfügungstellung von Informationen über die erforderlichen Aufgabenanforderungen
- Partizipation bei der Entwicklung und Ausführung der Bewertungsinstrumente
- Transparenz der Situation, der Bewertungsinstrumente und des Bewertungsprozesses
- Feedback über die Leistung in der Bewertungssituation

Daher wurden die entsprechenden Personenkreise früh in den Entwicklungsprozess einbezogen. Für die Sicherstellung der Akzeptanz ist es auch wichtig, den Aufwand für die Instruktoren bei der Anwendung des neuen Beobachtungs- und Bewertungskonzepts möglichst gering zu halten. Am Ende des Entwicklungsprozesses steht dann ohnehin eine deutliche Arbeitserleichterung für den Instruktor, da eine Reihe von Verhaltensweisen durch die Verhaltensmarker automatisch aufgezeichnet und ausgewertet und am Ende der Übung der gesamte Fahrtverlauf graphisch dargestellt wird.

3.2.3 Messung von Verhaltensmarkern

Zur Erhebung von Verhaltensmarkern bieten sich grundsätzlich unterschiedliche Datenquellen bzw. Messmethoden an. Diese sollen hier kurz beschrieben werden:

Verhaltensmessungen

Leistungsqualität und Leistungsquantität sind zentrale Zugänge der Verhaltensmessung. Unterschieden wird hier zwischen der Messung der Primäraufgabe – die von der Testperson zu erfüllende Aufgabe – und der Messung durch zusätzlich eingeführte Aufgabe. Letzteres ermöglicht zum einen eine detailliertere Analyse, welche Kapazitäten durch die Primäraufgabe beansprucht werden. Zweitaufgaben, die die gleiche Kapazität beanspruchen, werden schlechter erledigt als solche, die die gleiche Kapazitätsgrundlage haben. Zum andern ist es über diese Technik möglich, den Grad der noch nicht durch die Primäraufgabe abgeschöpften Ressourcen zu bestimmen.

Messungen der Primäraufgabe sind unter dem Gesichtspunkt interessant, in dem der Grad der erwünschten Zielerreichung bestimmt werden kann. Sie sind besonders tauglich unter der Fragestellung, ob ein gewünschtes Arbeitsergebnis erreicht wird. Treten Diskrepanzen zu vorgegebenen Kriterien auf, stellt sich die Frage der Ursachen. Diese können in einem Trainingsdefizit liegen, aber auch daraus resultieren, dass die Aufgaben für den Operator zu schwierig sind. Zur Entscheidung darüber, ob die schlechte Primärleistung aus einer Überbeanspruchung kommt, ist in besonderer Weise die Zweitaufgabentechnik geeignet.

Die Idee hinter der Einführung von Zweitaufgaben und deren Interferenz mit der Primäraufgabe ist den Grad der Beanspruchung messen zu können. Je weniger Zusatzaufgaben bearbeitet werden können, umso höher ist die Beanspruchung aus der Primäraufgabe. Diese Methode setzt allerdings voraus, dass Tätigkeiten aus einem einzigen limitierten zentralen Prozessor heraus gesteuert werden. Häufig verwendete Zweitaufgaben sind z.B. Trackingaufgaben oder Wahlreaktionszeitaufgaben (vgl. O'Donnell & Eggemeier, 1986).

Messung durch Verhaltensbeobachtung

Fremdbeobachtung ist eine wesentliche und wichtige Erkenntnisquelle, die in vielen Bereichen nicht durch apparative Messung ersetzt werden kann. Diese Art der Messung ist allerdings auch besonders anfällig für sogenannte Beobachterfehler. Mangelnde Datenqualität ergibt sich vor allem bei ungeschulten Beobachtern, wenn die Beobachtungsaufgabe zu breit angelegt ist oder eine zu hohe zeitliche Auflösung fordert, wenn die zu beobachtenden Merkmale nicht klar definiert und nicht adäquat quantitativ abgestuft sind, wenn der Beobachter sich nicht in einem voll leistungsfähigen Zustand befindet. Ein weiterer Nachteil kann sich aus Voreinstellungen ergeben, die sich in naiven Verhaltenstheorien oder in generalisierenden Werturteilen niederschlagen kann.

Psychophysiologische Messungen

Im arbeitspsychologischen Kontext ist die gesamte Bandbreite an psychophysiologischen Messungen gut erprobt (u.a. periphere Kreislaufparameter, Hormonspiegelmessungen, Hautwiderstand, EEG), wobei sich prinzipiell festhalten lässt, dass sich diese Maße gut als sensitive Indikatoren für Beanspruchung eignen. Schwierigkeiten treten mit der Spezifität auf, da vergleichbare Änderungen auf einem physiologischen Parameter aus ganz verschiedenen Gründen auftreten können. Von daher bieten sich psychophysiologische Messungen nur dann an, wenn es sich um eng umgrenzte Tätigkeiten handelt, zu deren Bewältigung möglichst auch physiologische Hypothesen bestehen sollten. Im arbeitspsychologischen Kontext bestehen aber auch grundsätzliche Bedenken gegen diese Methoden aufgrund der geringen Akzeptanz bei den Betroffenen. Deshalb sind diese Maße meist nur als Validierungen für andere Größen einzusetzen.

Subjektive Repräsentationen

Zur Bewertung der Informationsquelle von verbalen Berichten gilt die Aussage von Gopher und Braune (1984):

> *„…that the responses that subjects give when asked for an estimate of difficulty of tasks are based largely on a 'cognitive analysis' of their knowledge of the task rather than on an assessment of the way they actually interacted with the task."*

Dies resultiert vor allem daraus, dass die Person in der Beurteilung ihrer Tätigkeit nur die bewussten Anteile berichtet und die Anteile aus automatisierten, fertigkeitsgestützten Verhaltensweisen unterbewertet.

Tabelle 2 führt die unterschiedlichen Messmethoden mit den o.g. Anforderungen an Verhaltensmarker zusammen:

Tabelle 2: Synopsis der Methoden und Anforderungen von Verhaltensmarkern.

	Sensitivität	Spezifität	Reaktivität	Anwendungs-voraussetzungen	Akzeptanz
Primäraufgaben technik	Kann v.a. zur Eignungsmessung eingesetzt werden, um unterschiedliche Operatorleistungen zu unterscheiden	Nur auf der Basis von Primärleistungen ist nicht zu entscheiden, woher ein Leistungsdefizit kommt.	Die Messung nimmt direkt auf die Leistung keinen Einfluss. Relativ resistent gegen Täuschungsabsichten.	Instrumentierung zur Aufnahme der Leistungsdaten kann schwierig sein. Operator muss nicht trainiert werden, da er die Leistung kennt	Keine negativen Reaktionen des Operators zu erwarten
Zweitaufgaben-technik	Zeigt Leistungsunterschiede in Bereichen auf, in denen noch Kapazitäten frei sind und kann dadurch zwischen Operatoren differenzieren	Kann differenzieren, ob Leistungsminderung aus mangelnder Kompetenz oder aus psychischer Überlastung kommt. Ressourcen für die Bearbeitung andere Aufgaben als der Hauptaufgabe ist abschätzbar.	Häufig zeigt sich, dass eine Minderung in der Primäraufgabe eintritt, obwohl der Operator instruiert ist, dort die Leistung aufrechtzuerhalten.	Schlecht anwendbar in realen Umgebungen hoher Gefährlichkeit, dagegen gut in Simulationen. Häufig muss der Operator in der Zweitaufgabe geschult werden.	Lenkt die Zweitaufgabe von der Primäraufgabe ab, sind negative Reaktionen zu erwarten.
Beobachtungsmaße	Bei geschulten Beobachtern hoch, abhängig von der Anforderungen der Beobachtung und dem Grad der Unterstützung	Zum Teil treten Hofeffekte auf, Beobachtungen werden verallgemeinert auf andere Bereiche, Interkorrelationen zwischen Beobachtungsgrößen, bei genügender Schulung sind Fehler zu verringern	Vermutungen des Beobachteten über den Zweck der Beobachtung führen zu Verhaltensänderung in Richtung von Erwünschtheit. Aufklärung des Beobachteten kann Einflüsse mindern.	Abhängig vom Detailgrad der Beobachtung relativ aufwendige Schulung der Beobachter, Notwendigkeit der Überprüfung der Beobachterübereinstimmung, insgesamt aufwendiges Verfahren	Akzeptanz bei den Beobachtern dann recht hoch, wenn genügende Unterstützung durch technische Einrichtungen und klare Kriterienvorgabe
Psychophysiologische Messungen	Gute Unterscheidbarkeit verschiedener Quantitätsgrade von Beanspruchung	regelhaft schlechte Spezifität, v.a. der peripherphysiologischen Maße. Geeignet zur Messung der Gesamtbeanspruchung.	Regelhaft keine Reaktivität zu befürchten, relativ resistent gegen Täuschungsabsichten	Ist die Implementierung unter Einsatzbedingungen möglich, ist die Technik In der Regel problemlos. Operator muss nicht trainiert werden.	Regelhaft nur geringe Beeinträchtigungen, aber geringe Akzeptanz im arbeitspsychologischen Kontext
Subjektive Maße	Sehr sensitiv für Belastungen aus der Aufgabe. Gut erfassbar sind Beschreibungen der Belastungsstruktur und der Kontrollierbarkeit.	Nur bewusste Prozesse sind berichtbar. Häufig auch Hofeffekte in der Beurteilung.	Vor allem retrospektive Beurteilungen sind anfällig gegen Gedächtniseffekte, aber auch gegen Täuschungsabsichten	Relativ unaufwendige Messmethode, die regelhaft eine gute Instruktion des Beurteilenden verlangt.	Evidenz, dass gut gemachte Beurteilungsskalen von den Operatoren positiv aufgenommen werden, wenn der Aufwand sich in vernünftigen Grenzen hält.

Aufgrund der Tatsache, dass die Entwicklung und Anwendung des Verhaltensmarkersystems im Realbetrieb stattfand, schied die Einführung einer Zweitaufgabe aus. Gleiches gilt für die Verwendung physiologischer Maße sowie für die Erhebung von Informationen aus der subjektiven Repräsentation. Somit sind prinzipiell die aus apparativer Messung, sprich die aus der Simulation auflaufenden Daten, und die aus Fremdbeobachtung resultierenden Maße zu bevorzugen.

Wie Erfahrungen aus der Fahrsimulation mit Straßenfahrzeugen zeigen, ist ein großer Teil sicherheitskritischer Verhaltensweisen über objektive Fahrdaten zu operationalisieren. Die Simulationsdaten stellen zum einen den exakten Zeitschrieb der Bedienhandlungen zur Verfügung, zum andern liegen Daten der Bewegung des Fahrzeugs in der Umwelt vor, die einer sicherheitskritischen Bewertung unterzogen werden können. Beispielhaft sind bei den Bedienhandlungen zu nennen:

- zeitliche Sequenz von Teilhandlungen
- Reaktionszeit bis zur Auslösung und Dauer der Teilhandlung
- Bedienart: Präzision, Anzahl Korrekturen
- Geschwindigkeit, Verzögerung, Beschleunigung
- Befolgung von Signalen in raumzeitlicher Darstellung

Die abgeleiteten Maße können sowohl qualitativ (ja/nein, vorhanden/nicht vorhanden) wie quantitativ sein (z.B. Geschwindigkeit des Triebfahrzeugs).

Eine eigene Problematik stellen Daten aus der Fremdbeobachtung durch den Instruktor dar. Da vor allem die Kommunikationsprozesse einen zentralen Teil der Tätigkeit darstellen, ist es unabdingbar, die Auswertung der Simulationsdaten durch die Beobachtung durch den Instruktor zu ergänzen. Dabei gilt es zu bedenken, dass der Instruktor durch die Bedienung der Simulation und durch seine Einbindung in die Kommunikation per Zugfunk bereits erheblich beschäftigt ist und damit wenig Kapazität übrig haben wird, eine detaillierte Verhaltensbeobachtung auszuführen. Das bedeutet, dass befriedigende Ergebnisse im Sinne einer Beobachterübereinstimmung nur dann erzielt werden können, wenn ein sehr klares Beobachtungsinventar mit eindeutiger Definition der zu beobachtenden Merkmale vorliegt.

4 FAHRSIMULATION ALS INSTRUMENT DER LEISTUNGSBEURTEILUNG

Da die Fahrsimulation in dieser Arbeit die zentrale Methode darstellt, gibt dieses Kapitel einen Überblick über die Anwendung dieser Methode explizit für den Bereich Schieneverkehr. Dabei wird auch die Frage erörtert, wieviel Simulation notwendig ist, um eine von allen Seiten akzeptierte Leistungsbeurteilung im Rahmen einer beruflichen Kompetenzfeststellung gewährleisten zu können. Hierfür werden zunächst die in der Anwendung befindlichen Simulationssysteme kategorisiert und anschließend auf ihre Nutzbarkeit in unterschiedlichen Anwendungsgebieten bewertet.

Die traditionelle praktische Ausbildung der Tf setzt sehr stark auf praktische Übungsfahrten in realen Triebfahrzeugen und Lokomotiven. Daraus ergibt sich eine Vielzahl von Problemen (Brazález, 2003; Helmchen, 1995; Junker, 1995):

- Mangelnde Verfügbarkeit von Zügen und Triebfahrzeugen für die Ausbildung
- Mangelnde Verfügbarkeit von Strecken für die Übungsfahrten
- Keine gezielte Manipulation der Situation möglich, daher fehlende Möglichkeit für systematisches Störfalltraining von seltenen Gefahrensituationen
- Hohe Kosten für Trainings unter Verwendung realer Züge und damit hohe Gesamtkosten für die Tf-Ausbildung
- Teilweise schwierige Zusammenstellung von Trainingsgruppen, da der Hintergrund der Tf meist heterogen ist
- Gefahr, durch Bedienfehler Schäden an realen Triebfahrzeugen zu verursachen
- Rasante technologische Entwicklung im Bereich der Fahrzeug-, Leit- und Sicherungstechnik
- Teilweise sehr dichter Individualverkehr im S-Bahn- und Straßenbahnbereich

Um die Ausbildung effizienter und wirtschaftlicher zu gestalten, wird daher bei zahlreichen Eisenbahnverkehrsunternehmen auf die Methode der Fahrsimulation gesetzt. Durch den Einsatz eines Fahrsimulators ist es möglich, auf sichere und wiederholbare Weise seltene Situationen zu trainieren. Auf weitere Vor- und Nachteile soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da diese sich nicht wesentlichen von dem Einsatz eines Simulators in anderen Verkehrsbereichen unterscheidet. Näheres findet sich bei Hoogstraten & de Vries (1995) oder Olsen (1995).

Historisch gesehen geht der Einsatz von praxisnahen Apparaten zu Eignungsuntersuchung im Schienenverkehr auf die psychotechnischen Laboratorien des frühen 20. Jahrhunderts zurück. So begann z.B. Hugo Münsterberg mit Untersuchungen im Bereich Straßenbahnen, die zu der damaligen Zeit wesentlich unfallträchtiger waren als die Eisenbahnen. Münsterberg simulierte wirklichkeitsnahe Situationen des Straßenbahnlenkers, die aber vereinfacht und auf das Wesentliche konzentriert waren. Er entwickelte so eine Rangskala der Eignung für diese Tätigkeit und validierte sein Verfahren durch Vergleich der Leistungen guter und schlechter Straßenbahnlenker und schlug vor, seine frühe Methode zur Eignungsuntersuchung zu verwenden (Münsterberg, 1912). Diese apparative Simulation einer berufsspezifischen Tätigkeit ermöglichte eine Quantifizierung der Leistung und damit auch eine Relativierung einer individuellen Leistung. Hierdurch ließen sich bereits Leistungsmessungen realisieren, die hinreichend objektiv, valide und reliable waren. Besonders die Akzeptanz war durch die größere Nähe zum tatsächlichen Berufsalltag gegeben.

Karl August Tramm ging noch einen Schritt weiter in Richtung Simulationstechnik. Er erhielt den Auftrag, Eignungsuntersuchungen für Wagenführer zu entwickeln. Während Münsterberg versucht hatte, nach Analyse der psychologisch zentralen Aufgaben des Wagenführens die Leistungsfähigkeit hierin mit einer Apparatur zu messen, die auf diese Aufgaben reduziert war, entnahm Tramm den Fahrstand originalgetreu einer Straßenbahn und untersuchte damit sämtliche Bedientätigkeiten eines Fahrzeugführers (Gundlach, 2009).

Die vermutlich erste psychologische Untersuchung über Straßenbahnlenker zielte jedoch nicht auf Unfallvermeidung. Die Versuche zur Eignungsuntersuchungen von Straßenbahnlenkern zielten auf stromsparendes Fahren ab (Gundlach, 2009).

Auch dem Problem der mobilen Leistungsmessung nahm man sich schon damals an. So wurden für jede Reichsbahndirektion mobile psychotechnische Untersuchungswagen eingerichtet, so dass Untersuchungen überall vorgenommen werden können, wo es ein Bahngleis gibt (Gundlach, 1993). Auch heute werden wieder mobile Simulatoren eingesetzt, die jedoch meist auf Kleintransportern zum Einsatzort bewegt werden.

Die Verwendung von Simulatoren mit „bewegten Bildern" zu Ausbildungszwecken war dennoch lange Zeit der Luft- und Raumfahrt sowie dem militärischen Anwendungsbereich vorbehalten (Helmchen & Predl, 2003). Doch ist in den letzten Jahren der Schienenverkehr (neben dem Straßenverkehr) zu einem weiteren wichtigen Anwendungsfeld für simulatorgestützte Ausbildung geworden. Die Leistungssteigerungen in der Rechnertechnologie, insbesondere der Grafikkomponenten sind ein wichtiger Grund für diese Entwicklung.

Schmitz und Maag (2008) haben in einer umfassenden Studie zu computergestützten Trainingsmethoden die Anwendung von Simulatoren in Europa hinsichtlich Technik und Anwendung untersucht. Die Autoren fanden im Rahmen des europäischen Projekts 2TRAIN, dass 28 von 47 befragten Unternehmen Simulation als Trainingsmethode verwenden. Eine weitergehende Studie bei 14 Unternehmen hat insgesamt 138 unterschiedliche Simulationssysteme ausgewertet.

Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal bei Fahrsimulatoren ist der Grad der realitätsgenauen Nachahmung. Hierbei wird in der Literatur der Begriff *fidelity* verwendet. Aus der Literatur geht hervor, dass eine genaue Bestimmung des Begriffs *fidelity* bisher wenig erfolgreich ist (vgl. Liu, Macchiarella & Vincenzi, 2009). Für Alessi (1988) bedeutet *fidelity* in einfacher Weise, wie genau ein Simulator die Realität imitiert. Walker und Bailey (2002) definieren *fidelity* als

> *„[…] the degree to which the replication of the man machine interface with the operational equipment requires exact physical representation, appearance, and direct tactile feel of controls".*

Gemeinsam drückt sich in diesen Definitionen die Bedeutung aus, wie real sich die Simulation anfühlt und wie stark man das Gefühl hat, in einem echten Fahrzeug zu fahren. Der Begriff *high fidelity* bezeichnet eine sehr hohe Realitätsnähe zur simulierten Welt. Auf einen Fahrsimulator bezogen heißt dies beispielsweise, dass als Führerkabine eine originalgetreue Kabine verwendet wird, das visuelle System eine realistische Projektion der Umwelt liefert, das Bewegungssystem die Fahrdynamiken so realitätsgetreu wie technisch möglich simuliert und das akustische System die Fahrgeräusche einspielt. Der Begriff *low fidelity* bedeutet, dass die Nachahmung der Realität nicht sehr exakt ist. Auf Grundlage dieser Begrifflichkeiten wurden die o.g. Simulationssysteme in insgesamt fünf Kategorien eingeteilt:

Kategorie 1: Simulatoren, die nur spezielle, isolierte und strikt vordefinierte Lerninhalte abdecken können, wie bspw. Bedienung der Bremsen, des Zugsicherungssystems oder des Zugfunks. Direkt auf den Lerninhalt bezogene Situationen können erzeugt und abgefahren werden. Es wird meist auf eine realistische Umweltnachbildung verzichtet. Diese Simulatoren werden auch *part-task trainer* (PTT) genannt. Ein solcher Simulator stellt eine geeignete Lösung zum Trainieren strikt isolierter Inhalte dar und im Vergleich zu den anderen Lösungen ist ein PTT die preisgünstigste Lösung. Speziell im Falle der Vernetzung mit CBT/WBT ist er ein

effizientes Gerät zum Trainieren von grundsätzlichen Dingen in der Erstausbildung (Grundlagen Betrieb, Signale), in damit vergleichbaren Situationen (wie z.B. dem Erlernen eines neuen Zugbeeinflussungssystems), oder zum späteren Wiederauffrischen dieser grundsätzlichen Kenntnisse und Fähigkeiten. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel eines Simulators, der bei dem luxemburgischen Eisenbahn-verkehrsunternehmen CFL im Einsatz ist.

Abbildung 3: Part-task trainer bei der CFL.

Kategorie 2: Simulatoren, die grundsätzlich die gesamte Zuglogik in einer realistischen Umwelt simulieren können, jedoch ohne Bedienelemente oder Teilnachbildung einer Kabine. Diese Simulatoren bilden die Realität auf einen oder zwei Computerbildschirmen ab und werden über Tastatur und Maus bedient. Im Gegensatz zu den PTT sind die möglichen Lerninhalte breiter gefächert, da auf diesen Systemen in der Regel dieselbe Simulationssoftware läuft wie auf Simulatoren mit Voll- oder Teilkabinen. Diese Simulatoren werden daher häufig als Vorbereitung auf eine Trainingseinheit in einem Simulator einer höheren Kategorie genutzt. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel eines Desktop-Simulators, der bei der Metro Madrid im Einsatz ist.

Abbildung 4: Desktop-Simulator bei der Metro de Madrid.

Kategorie 3: Simulatoren, die grundsätzlich die gesamte Zuglogik in einer realistischen Umwelt simulieren können. Von der Führerkabine ist meist nur der Führertisch samt Bedienelemente und inklusive Sicherheitsfahrschaltung realisiert. Die Anzeigegeräte sind häufig über kleine Monitore dargestellt. Die Sicht wird meist per Projektor auf eine Leinwand projiziert. Der Führertisch ist entweder in einem kleinen Raum festverbaut (seltener integriert in einen Teilnachbau des Führer-

raums) oder der Führertisch ist als mobiler Simulator konzipiert. Diese Simulatoren werden auch *partial cab* Simulatoren genannt. Ein Teilkabinensimulator ist in erster Linie ein Gerät zum Trainieren grundlegender betrieblicher und technischer Prozeduren. Viele im Originalbetrieb auftretende Situationen können in einer der Realität in durchschnittlicher Qualität nachgebildeten Umgebung abgebildet werden. Abbildung 5 zeigt als Beispiel einen mobilen Simulator, der bei dem deutschen Eisen-bahnverkehrsunternehmen MEV im Einsatz ist.

Abbildung 5: Mobiler Teilkabinensimulator der MEV.

Kategorie 4: Simulatoren, die die gesamte Zuglogik simulieren können. Die Bedien- und Anzeigeelemente sind originalgetreu in einer kompletten Kabinennachbildung realisiert, so dass neben dem Führertisch auch alle übrigen Bedienelemente, wie zum Beispiel an der Rückwand der Kabine, verfügbar sind. Die Simulatoren werden ohne Bewegungssystem betrieben. Ein Vollkabinensimulator ohne Bewegungssystem ist ein sehr realitätsnahes Simulationssystem. Er ermöglicht die Simulation vieler im Originalbetrieb vorkommender Situationen in einer Umgebung, welche der Realität in akkurater Art und Weise entspricht. Die einzige große Einschränkung ist die begrenzte Nutzbarkeit eines derartigen Systems für das Trainieren von Fahr- und Bremstechniken. Der Tf kann Änderungen der Traktions- und Bremsleistung nicht fühlen. Daraus ergibt sich eine – im Vergleich zum Originalbetrieb – erhöhte Erfordernis zum Beobachten der Geschwindigkeitsanzeige (z.B. beim Anbremsen an Bahnsteigen). Abbildung 6 zeigt ein Beispiel eines Simulators, der bei der Metro Madrid im Einsatz ist.

Abbildung 6: Führertisch (links) und Außenkabine (rechts) eines Vollkabinensimulators der Metro de Madrid.

Kategorie 5: Die Simulatoren dieser Kategorie entsprechen denen der Kategorie 4, sind jedoch mit einem Bewegungssystem ausgestattet. Nahezu jede im Originalbetrieb vorkommende Situation kann mit Hilfe eines Vollkabinensimulators mit Bewegungssystem simuliert werden. Der Tf agiert in einer Umgebung, mit welcher er vollkommen vertraut ist. Darüber hinaus ist die

(reale) Situation eines geschlossenen Raumes gegeben, was beim Tf zum nahezu vollständigen Vergessen des Aufenthalts in einer virtuellen Welt führt. Die gesamte Führerraumausrüstung ist ebenfalls vorhanden, wodurch ein sehr realitätsnahes Lernen der Fahrzeugbedienung im Regel- und im Störungsfall möglich ist. Durch das Bewegungssystem fühlt sich der Fahrzeugführer wie im Realfahrzeug, was Akzeptanzprobleme, speziell bei erfahrenen Personalen, vermindert. Ein weiterer Vorteil des Bewegungssystems ist, dass der Fahrzeugführer fühlt wie der Zug auf Anpassungen der Traktions- oder Bremsleistung reagiert. Dies ermöglicht die Nutzung dieses Simulationssystems auch zum Trainieren von Fahr- und Bremstechnik. Abbildung 7 zeigt ein Beispiel eines Simulators, der bei der Deutschen Bahn AG im Einsatz ist.

Abbildung 7: Außenkabine (links) und Führertisch (rechts) eines Vollkabinensimulators der Deutschen Bahn AG.

Die folgende Tabelle stellt die einzelnen Simulatortypen gegenüber und nimmt eine Bewertung hinsichtlich Eigenschaften und Nutzbarkeit vor. Die Bewertung ist das Ergebnis einer Expertenrunde aus unterschiedlichen Simulatorherstellern, Trainingsentwicklern und Anwendern. Die Einordnung des *part-task trainers* setzt dabei stets voraus, dass der Simulator auch für die spezifische Nutzung entwickelt wurde (z.B. GSM-R-Simulatoren für Kommunikationstrainings).

Tabelle 3: Bewertung verschiedener Simulationssysteme hinsichtlich Eigenschaften und Nutzbarkeit.

	PTT	Desktop-Simulator	Teilkabine	Vollkabine ohne Bewegung	Vollkabine mit Bewegung
Realistische Arbeitsumgebung	**mangelhaft**	**ausreichend**	**befriedigend**	**gut**	**sehr gut**
Nutzbar für:					
Mehrere Anwendungs-gebiete (Flexibilität)	**mangelhaft**	**befriedigend**	**befriedigend**	**gut**	**sehr gut**
Überwachung/ Prüfung	**ausreichend**	**ausreichend**	**befriedigend**	**gut**	**sehr gut**
Fahrtechnik	**mangelhaft**	**ausreichend**	**ausreichend**	**befriedigend**	**gut**
Regeln/ Prozeduren	**sehr gut**	**sehr gut**	**sehr gut**	**sehr gut**	**sehr gut**
Technisches Training (Störungssuche)	**gut**	**befriedigend**	**befriedigend**	**gut**	**gut**
Human Factors/ Kommunikation/ Verhalten	**sehr gut**	**ausreichend**	**befriedigend**	**sehr gut**	**sehr gut**
Vernetzbarkeit mit anderen/weiteren Geräten	**mangelhaft**	**sehr gut**	**gut**	**ausreichend**	**mangelhaft**

Neben den technischen Voraussetzungen sind auch geeignete Ausbildungskonzepte erforderlich, denn die Verwendung von Simulatoren als Ausbildungsmittel garantiert nicht zwangsläufig einen erfolgreichen und wirtschaftlichen Einsatz derselben. Dafür müssen die angestrebten Ausbildungsziele klar definiert sein und die passenden Methoden zu deren Vermittlung gefunden werden (Helmchen, 1995; Rail Safety & Standards Board, 2007).

Um eine Fahrsimulation erfolgreich in ein Ausbildungskonzept zu integrieren, ist es unerlässlich, eine gezielte Analyse der Trainingsbedürfnisse an den Anfang zu stellen, um den Einsatz der jeweiligen Trainingsmethoden und Trainingsinhalte rechtfertigen zu können (Walker & Bailey, 2002). Im Zuge der Analyse möglicher Trainingsbedürfnisse sollten dann auch die Kompetenzziele für den Tf festgelegt werden. Die Festlegung verbindlicher Standards befindet sich im Bereich des Schienenverkehrs (im Gegensatz zum fliegerischen Bereich) noch in den Anfängen. Begriffe wie Leistungskriterium oder Kompetenz beschreiben meist eher abstrakte Konzepte als messbare Verhaltensweisen. Die Erhebung objektiver Daten aus der Simulation zur Leistungsmessung ist in diesem Zusammenhang besonders wichtig (Olsen, 1995). Diese Daten ermöglichen dem Instruktor eine objektive und quantifizierbare Bewertung des Tf. Der Instruktor integriert seine eigene Beobachtung mit den Ergebnissen der Simulatordaten und gibt auf dieser Grundlage eine Gesamtbewertung ab.

Im Rahmen einer Leistungsmessung mit Hilfe eines Fahrsimulators ist jedoch auch die Frage zu klären, welche Leistungskriterien zur Messung herangezogen werden sollten und welche dieser Kriterien durch eine Prüffahrt am Simulator erfasst werden können. Trotz aller Realitätsnähe, die ein Simulator der Kategorie 5 herzustellen vermag, bleibt die Schwierigkeit der fehlenden Baureihen- und Streckenkenntnis, da die in der Simulation implementierten Strecken nur in Ausnahmefällen reale Strecken nachbilden. Auch kann aufgrund der großen Anzahl an unterschiedlichen Baureihen nicht gewährleistet werden, dass der Trainingsteilnehmer auf einer entsprechenden Baureihe geprüft wird. Ohne Nachweis der Baureihen- bzw. Streckenkenntnisse darf der Tf allerdings im Realverkehr keine Zugleistung durchführen. Das Ergebnis einer Leistungsmessung muss dies berücksichtigen. Ansonsten ist eine Kriteriumskontamination durch mangelnde Baureihen- oder Streckenkenntnisse nicht zu verhindern.

5 PROBLEMBEREICHE DER GEGENWÄRTIGEN KOMPETENZFESTSTELLUNG

Um das Verhalten eines Tf während der Überwachungsfahrt festzuhalten und seine Leistung anhand des gezeigten Verhaltens zu bewerten, hat sich die Deutsche Bahn AG bei der Einführung der Überwachungsfahrten für einen Protokollbogen entschieden. Dieser Protokollbogen listet die unterschiedlichen Sollverhaltensweisen einer Überwachungsfahrt chronologisch auf. Für jede Situation hat der Instruktor zwei Alternativen, um das Verhalten einzustufen: „korrektes Verhalten gezeigt“ oder „korrektes Verhalten nicht gezeigt“. Die geringe Differenzierung führt dazu, dass die Instruktoren nur sicherheitsrelevante Abweichungen vom Sollverhalten protokolliert und dem Tf sowie seiner Dienststelle zurückgemeldet werden. Dieses Vorgehen deckt sich mit dem konkreten Ziel der Überwachungsfahrt, keine sicherheitsrelevanten Verstöße zu verursachen. Nicht möglich sind hingegen differenziertere Aussagen über die Leistung eines Tf, die Hinweis darauf geben könnten, ob der Tf auch im Realverkehr seinen Zug sicher bewegen kann. So zeigt bspw. ein Tf in der Überwachungsfahrt sichere Kenntnisse der Vorschriften und eine sichere Bedienung des Zuges trotz fehlender Streckenkenntnisse, während ein andere Tf nur mit großen Schwierigkeiten und einigen Fehlbedienungen die Überwachungsfahrt beendet. Im Ergebnis haben beide Tf die Überwachungsfahrt erfolgreich absolviert. Im Sinne der Sicherheit des Schienenverkehrs hätte man jedoch aus detaillierteren Ergebnissen die mögliche Defizite des zweiten Tf feststellen und diesen durch geeignete Qualifizierungsmaßnahmen begegnen können. Um jedoch aus den Ergebnissen Rückschlüsse über mögliche Qualifizierungsmaßnahmen abzuleiten, ist es notwendig, die Leistung der Tf in mehr als nur zwei Kategorien zu unterteilen.

Neben dem unzureichenden Informationsgehalt dichotomer Antwortkategorien spielt auch der Grad der Standardisierung eines Instrumentes zur Verhaltensmessung eine wichtige Rolle. Eine wichtige Anforderung an ein Verhaltensmarkersystem besteht darin, dass verschiedene Instruktoren bei der Leistungsbeurteilung eines Tf zu gleichen oder zumindest zu sehr ähnlichen Ergebnissen kommen. Ein Tf, der am Standort X von Instruktor A als gut eingeschätzt wird, sollte auch am Standort Y von Instruktor B eine gute Bewertung bekommen. Im Idealfall würden auch einzelne Kritikpunkte und positive Anmerkungen übereinstimmen.

Die folgende Untersuchung soll Aufschluss darüber geben, wie hoch die Beurteilungsübereinstimmung bei der Beurteilung einer identischen Überwachungsfahrt mit Hilfe des Protokollbogens ausfällt. Hierfür wurden mehrere Instruktoren gebeten, eine fiktive Überwachungsfahrt anhand eines detaillierten Fragebogens zu bewerten. Zu diesem Zweck wurde ein Beurteilungsbogen entwickelt, der konkrete Fragen zum Verhalten des Tf bei einzelnen Ereignissen sowie eine allgemeine Einschätzung der Leistung beinhaltet. Neben der Beurteilungsübereinstimmung sollte durch diese Untersuchung auch die Anwendbarkeit dieses detaillierten Beurteilungsbogens überprüft werden.

5.1 Methode und Durchführung

Zunächst wurde eine fiktive Überwachungsfahrt auf Video aufgenommen. Dabei agierte ein Instruktor als Tf, der von einem weiteren Instruktor durch die Überwachungsfahrt geleitet wurde. Das gespielte Verhalten des Tf folgte einem Drehbuch, das die Verhaltensweisen während der einzelnen eingespielten Ereignisse genau festlegte. Diese fiktive Überwachungsfahrt enthielt als Ereignisse eine Bü-Sicherung, Nothalt über Sammelruf (mit Zurücksetzen des Zuges) und Fahren auf dem Gegengleis. In diese Fahrt wurden einige Fehler des Tf eingebaut, die zum Teil wenig schwerwiegend sind (z.B. lässt der Tf Stift und Block bei der Befehlsübermittlung fallen oder wiederholt einen Befehl nicht korrekt), zum Teil aber sicherheitsrelevante Mängel darstellen

(z.B. vergisst der Tf das Sanden bei der Unterstützung einer Schnellbremsung oder beschleunigt im Weichenbereich zu früh hoch). Abbildung 8 stellt die Ereignisse der Überwachungsfahrt als detailliertes Drehbuch dar.

DREHBUCH DER RELIABILITÄTSUNTERSUCHUNG

1. **Übernahme der Fahrt**
   - Übermittlung von Befehl 8 **(Tf lässt Stift/Block fallen, zeigt Nervosität)**
   - Tf hält sich an Fahrplangeschwindigkeit
2. **Bü-Unregelmäßigkeit**
   - Halt vor Bü in km 294.8 **(Tf hält zu weit vor dem Bü)**
   - Sichern des Bü **(Tf schaut nicht auf die Fahrbahn)**
   - Achtungssignal Zp1 geben
   - mit Schrittgeschwindigkeit bis Mitte Bü fahren
   - Bü zügig räumen
3. **Nothalt über Sammelruf/Zurücksetzen eines Zuges (mit Führerraumwechsel)**
   - Zug durch Schnellbremsung anhalten **(Tf vergisst das Sanden)**
   - Sprechwunsch anmelden
   - Übermittlung von Befehl 10 (hinter Asig N3)
   - Führerstandwechsel (Bremsprobe)
   - v_{max} = 20 km/h **(Tf fährt nur 10 km/h)**
   - Beendigung dem Fdl melden
4. **Fahren auf Gegengleis bei gestörtem Zs 8**
   - Übermittlung von Befehl 2 und Befehl 4 **(Tf wiederholt den Befehl nicht korrekt)**
   - Überleitung Gegengleis v_{max} = 40 km/h **(Tf beschleunigt zu schnell hoch)**
   - Fahren auf Gegengleis v_{max} = 100 km/h **(Tf überschreitet die Geschwindigkeit)**
   - Vorbeifahrt an Zs 1 v_{max} = 40 km/h **(Tf erhält eine Zwangsbremsung)**
   - Einfahrt in Bf Ried v_{max} = 40 km/h

Abbildung 8: Drehbuch der Untersuchung zur Beurteilungsübereinstimmung (fett gedruckt in Klammern sind die eingebauten Fehler aufgelistet).

Die fiktive Überwachungsfahrt wurde von insgesamt 16 Instruktoren bewertet, die an verschiedenen Simulatorstandorten mit der Durchführung der Überwachungsfahrt betraut sind. Vor diesem Erfahrungshintergrund und der Tatsache, dass die Instruktoren der DB Training regelmäßig zertifiziert werden, kann von überdurchschnittlichen Regelkenntnissen ausgegangen werden. Demographische Daten wurden nicht erhoben.

Das Video der fiktiven Überwachungsfahrt wurde den Teilnehmern auf drei Monitoren dargeboten: (1) Ansicht des Tf im Führerstand, (2) die Sicht auf die Strecke und (3) der Instruktormonitor (siehe Abbildung 9). Zusätzlich wird die Kommunikation zwischen Instruktor und Tf eingespielt. Die am Versuch teilnehmenden Instruktoren wurden zu Beginn informiert, dass die Vorbesprechung mit dem Tf weitgehend flüssig verlaufen sei und es sich um einen erfahrenen Kollegen mit Baureihenkenntnis handle, der allerdings ein wenig nervös wirke.

Abbildung 9: Ansicht des Führerstands (links oben); Streckensicht (rechts oben); Instruktormonitor (unten).

Während der Beobachtung der Überwachungsfahrt bewerteten die Instruktoren die Leistung des Tf anhand eines für diese Untersuchung entwickelten dreiteiligen Beurteilungsbogens. Im ersten Teil des Bogens wird eine detaillierte Beurteilung spezifischer Sollverhaltensweisen des Tf bei einzelnen Ereignissen verlangt. Dabei wird die Überwachungsfahrt in vier Streckenabschnitte eingeteilt (Bf Freiburg bis hinter Bü, nach Bü über Bf Grabe bis Nothalt, Zurücksetzen hinter Ausfahrsignal N3, Ausfahrt Bf Grabe bis Halt in Bf Ried). Für jedes Ereignis innerhalb des jeweiligen Abschnittes sollte der Instruktor angeben, ob die erforderlichen Sollverhaltensweisen gezeigt wurden oder nicht. Bei Abweichungen vom Sollverhalten war zusätzlich die Schwere des Fehlers einzuschätzen (siehe Abbildung 10).

Hat der Tf während der Bü-Sicherung entsprechendes Soll-Verhalten gezeigt?

Wenn nein, für wie schwerwiegend halten sie diese Fehler?

			Schwere des Fehlers				
	ja	nein	gering		mittel		sicherheitsrelevant
• vor Bü gehalten			1	2	3	4	5
• Beobachtung des Verkehrs			1	2	3	4	5
• Achtungssignal Zp1 gegeben			1	2	3	4	5
• Schrittgeschwindigkeit bis Bü-Mitte			1	2	3	4	5
• Bü zügig geräumt							

Abbildung 10: Abfrage des Sollverhaltens am Beispiel Bahnübergangssicherung (Ausschnitt Beurteilungsbogen).

Zusätzlich gaben die Instruktoren für jeden Streckenabschnitt an, ob Sifa, die PZB und andere Tasten richtig betätigt wurden und schätzten auch hier wieder, falls die Bedienung nicht korrekt erfolgte, die Schwere des Fehlers ein. Damit ausreichend Zeit zur Beantwortung der Fragen zur Verfügung stand, wurde das Video nach jedem Streckenabschnitt angehalten.

Im zweiten Teil des Beurteilungsbogens sollte die Gesamtfahrt bzgl. der Aufgabenerfüllung und Beanspruchung des Tf beurteilt sowie eine Schulnote (1 = sehr gut bis 6 = ungenügend) für die Gesamtleistung des Tf vergeben werden. Anschließend wurden die Instruktoren in einem dritten Beurteilungsteil gebeten anzugeben, welche Qualifizierungsmaßnahmen sie für geeignet erachten würden, um die Defizite des Tf auszugleichen (z.B. Schulung Fahrzeugtechnik und -bedienung, Unterricht Betriebsregeln, Training Kommunikation und Kooperation). In einer Diskussion sollte zudem geklärt werden, inwieweit die Instruktoren mit dem Beurteilungsbogen zu Recht kamen, ob sie ihn als sinnvoll für die tägliche Praxis erachteten und ob ihnen alle zur Bewertung notwendigen Informationen zur Verfügung standen.

5.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, inwieweit bei den Instruktoren Einigkeit darüber besteht, was eine gute Überwachungsfahrt ausmacht und wie kritisch einzelne Fehler zu bewerten sind und in das Gesamturteil eingehen. Des Weiteren sollte der Protokoll- und Beurteilungsbogen auf Vollständigkeit, Anwendbarkeit und Akzeptanz überprüft werden.

Tabelle 4 bis Tabelle 7 zeigen, wie viele Instruktoren das Sollverhalten als korrekt oder als fehlerhaft bewerteten bzw. welche Fehlerstärken vergeben wurden (Fehlerstärken: 1 = gering bis 5 = sicherheitsrelevant). Die vier Tabellen entsprechen den vier Fahrtabschnitten Sichern eines Bahnübergangs (A), Nothalt über Sammelruf (B), Zurücksetzen der Zuges (C) und Fahren auf dem Gegengleis (D). So wurde bspw. das Sollverhalten „vor Bü gehalten" von dem Tf falsch ausgeführt („Tf hält zu weit vor Bü"), was von 15 Instruktoren auf dem Beurteilungsbogen als Fehler angegeben wurde. Von diesen 15 Instruktoren bewerteten 14 das Verhalten des Tf als sicherheitsrelevant. Ein Instruktor hingegen vermerkte keinen Fehler (Tabelle 4). Teilweise haben einzelne Instruktoren für einzelne Situationen keine Bewertung abgegeben.

Tabelle 4: Abweichungen vom Sollverhalten und Fehlerstärke im Abschnitt A – Sichern eines Bahnübergangs.

Befehlsübermittlung	**kein Fehler**	**Fehler**	**Fehlerstärke**				
			1	**2**	**3**	**4**	**5**
korrekte Bedienung des Zugfunks	15	1	1	-	-	-	-
Kommunikationsschema eingehalten	9	7	2	3	2	-	-
deutlich gesprochen	14	2	1	1	-	-	-
richtige Befehlswiederholung	10	6	4	2	-	-	-
Fahrt auf freier Strecke							
angemessene Geschwindigkeit	14	2	1	1	-	-	-
Streckenbeobachtung	9	7	-	1	3	1	2
Bü-Sicherung							
vor Bü gehalten (Tf hält zu weit vor Bü)	1	15	-	-	-	1	14
Verkehrsbeobachtung (Tf schaut nicht auf die Fahrbahn)	2	14	-	-	-	1	13
Achtungssignal Zp1 (Umgebungsgeräusche fehlen)	0	16	-	-	-	2	14
Schrittgeschwindigkeit bis Mitte des Bü	10	6	-	-	2	2	2
Bü zügig geräumt	13	2	1	1	-	-	-

Tabelle 5: Abweichungen vom Sollverhalten und Fehlerstärke im Abschnitt B – Nothalt über Sammelruf.

Fahrt auf freier Strecke	**kein Fehler**	**Fehler**	**Fehlerstärke**				
			1	**2**	**3**	**4**	**5**
angemessene Geschwindigkeit	13	3	-	-	-	-	3
Streckenbeobachtung	13	3	1	1	1	-	-
korrekter Halt am Bahnsteig	15	1	-	-	1	-	-
Nothalt über Sammelruf							
rechtzeitige Schnellbremsung	11	5	1	-	2	2	-
sanden (Tf vergisst zu sanden)	0	15	-	2	5	5	3
Ruf an Fdl (Fdl ruft Tf)	0	15	2	1	7	4	1
Zugfunk korrekt bedient	7	8	-	-	3	4	1
Zugposition durchgegeben (Fdl erfragt Zugposition)	0	16	2	2	3	6	2

Tabelle 6: Abweichungen vom Sollverhalten und Fehlerstärke im Abschnitt C – Zurücksetzen des Zuges.

Befehlsübermittlung	**kein Fehler**	**Fehler**	**Fehlerstärke**				
			1	**2**	**3**	**4**	**5**
korrekte Bedienung des Zugfunks	14	2	1	1	-	-	-
Kommunikationsschema eingehalten	13	3	-	1	2	-	-
deutlich gesprochen	12	4	1	-	3	-	-
richtige Befehlswiederholung	14	2	-	-	2	-	-
Zurücksetzen des Zuges							
Zugpersonal informiert	12	3	-	-	2	1	-
korrekter Führerstandwechsel	14	1	-	-	1	-	-
Geschwindigkeit eingehalten (Tf fährt zu langsam)	14	2	1	1	-	-	-
hinter Asig gehalten	12	4	-	2	-	1	1
korrekter Führerstandwechsel	15	0	-	-	-	-	-

Tabelle 7: Abweichungen vom Sollverhalten und Fehlerstärke im Abschnitt D – Fahren auf dem Gegengleis.

Befehlsübermittlung	**kein Fehler**	**Fehler**	**Fehlerstärke**				
			1	**2**	**3**	**4**	**5**
korrekte Bedienung des Zugfunks	15	0	-	-	-	-	-
Kommunikationsschema eingehalten	13	2	1	-	1	-	-
deutlich gesprochen	13	3	-	-	3	-	-
richtige Befehlswiederholung (Tf wiederholt Befehl falsch)	4	11	-	1	6	4	-
Fahren auf dem Gegengleis							
bei Zs 8 Befehlstaste bedient	14	2	-	1	1	-	-
Geschwindigkeit Weichenbereich (Tf fährt zu schnell)[1]	6	6	-	-	-	1	5
Geschwindigkeit Gegengleis (Tf fährt zu schnell)	0	15	-	-	-	-	15
bei Zs 1 Befehlstaste bedient (Tf erhält Zwangsbremsung)	0	15	3	3	8	1	-
Einfahrt in Bf mit höchstens 40 km/h	13	1	-	-	-	-	1

[1] Bei dieser Sollverhaltensweise fehlte die Darstellung der Geschwindigkeitsanzeige auf dem Instruktormonitor, so dass die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit für die bewertenden Instruktoren nicht zu erkennen war. Die unterschiedliche Beurteilung durch die Instruktoren ist somit nicht aussagekräftig.

Betrachtet man die in den Tabellen angegebenen Fehler, so fällt auf, dass es sich um mehr Fehler handelt als vom Drehbuch (Abbildung 8) vorgegeben. Dies liegt zum einen daran, dass in der Tonaufzeichnung der Kommunikation zwischen Tf und Instruktor (in der Rolle als Fdl oder Zugführer) die Umgebungsgeräusche nicht enthalten waren, so dass es schien, als sei kein Achtungssignal am Bahnübergang gegeben worden (Tabelle 4, Bü-Sicherung). Weitere Abweichungen ergaben sich beim Nothalt über Sammelruf durch eine vom Drehbuch abweichende Kommunikation zwischen Tf und Instruktor, da der Tf den Ruf an den Fdl nicht von sich aus durchführte und auch die Zugposition vom Fdl erfragt werden musste (Tabelle 5).

Es zeigt sich teilweise eine nur sehr geringe Übereinstimmung der Instruktoren. Schon bei der ersten Befehlsübermittlung gaben sieben Instruktoren an, dass das Kommunikationsschema nicht richtig eingehalten wurde, aber neun Instruktoren stellten keinen Fehler fest. Sechs Instruktoren bewerteten die Befehlswiederholung als falsch; zehn Instruktoren schätzten diese als richtig ein (vgl. Tabelle 4). Zudem wollen sechs von 16 Instruktoren erkannt haben, dass die Schrittgeschwindigkeit bis zur Mitte des Bahnübergangs nicht richtig durchgeführt wurde (ebenfalls Tabelle 4), fünf von 16 empfanden die Einleitung der Schnellbremsung als nicht rechtzeitig (Tabelle 5) und acht von 15 entdeckten bei der anschließenden Kommunikation Fehler bei der Bedienung des Zugfunks (Tabelle 5). Bei all diesen Sollverhaltensweisen war jedoch kein Fehler vorgesehen, das Verhalten des Tf war korrekt. Es scheint, dass sich das häufige Fehlverhalten des Tf, welches den Instruktoren ja schon im ersten Durchgang dargeboten wurde, sich negativ auf weitere Bewertungen auswirkt.

Aber auch bei den tatsächlich vorhandenen Fehlern herrscht Uneinigkeit. Zwar wurden die meisten Fehler auch als solche erkannt, bei der Einschätzung der Schwere der Fehler ergaben sich jedoch große Streuungen. Besonders deutlich ist dies bei dem Ereignis „Nothalt über Sammelruf“ zu erkennen (Tabelle 5). Alle Instruktoren bemerkten, dass der Tf vergessen hat zu sanden, jedoch nur drei schätzten dieses als sicherheitsrelevantes Fehlverhalten ein. Auch der nachfolgend fehlende Ruf des Tf an den Fdl (Fdl meldet sich bei Tf) sowie die nicht durchgegebene Zugposition wurden hinsichtlich der Fehlerstärke stark unterschiedliche bewertet.

Nach der Bewertung der Fehler und Fehlerstärke sollte für jeden Abschnitt die Aufgabenerfüllung durch den Tf sowie seine Beanspruchung eingeschätzt werden. Eine Aufgabenerfüllung von 0 Prozent bedeutet, dass der Tf einen sicherheitsrelevanten Mangel verursacht hat, ein Wert von 100 Prozent sagt aus, dass der Tf alle Aufgaben gemäß der Vorschriften erfüllt hat und >100 Prozent kennzeichnet eine herausragende Aufgabenerfüllung über die Erfordernisse der Konzernrichtlinien hinaus (z.B. durch kundenfreundliche Durchsagen oder einer guten Fahrzeugbeherrschung). Abbildung 11 zeigt, dass in den Abschnitten A und D von fast allen Instruktoren ein sicherheitsrelevanter Mangel (der auch tatsächlich vorhanden war) festgestellt wurde. Nur ein Instruktor gab bei beiden Abschnitten eine Aufgabenerfüllung von 40 Prozent an, was jedoch daran liegt, dass dieser die Skala nicht richtig verstanden hatte.

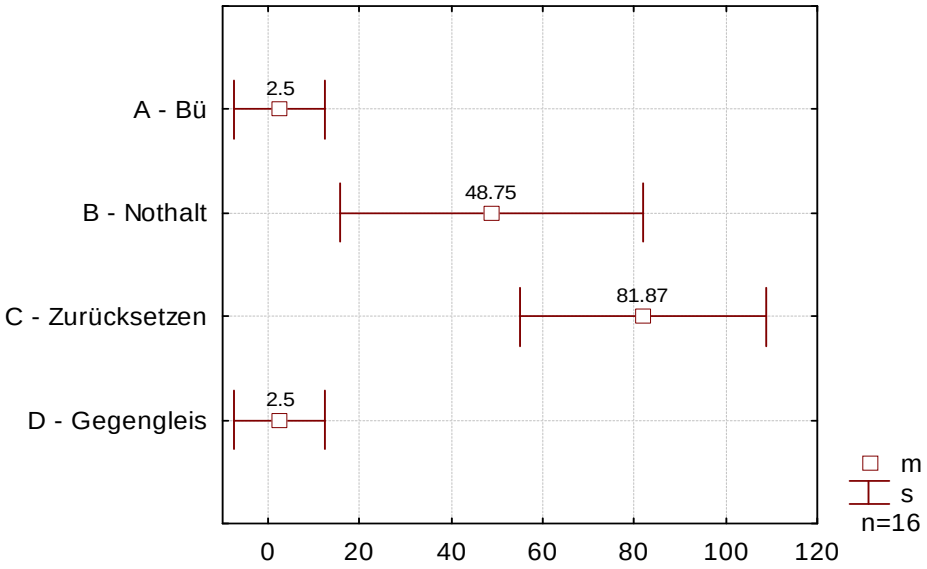


Abbildung 11: Aufgabenerfüllung der einzelnen Abschnitte in Prozent (Skala von 0 % - sicherheitsrelevanter Mangel über 100 % - alle Aufgaben gemäß der KoRil erfüllt bis > 100 % - in herausragender Weise erfüllt).

Bei Abschnitt B und C hingegen ist die Meinung sehr uneinheitlich, die Grafik verdeutlicht die großen Streuungen. Die angegebenen Werte schwanken enorm zwischen 0 und 90 Prozent in Abschnitt B und zwischen 0 und 100 Prozent in Abschnitt C. Vor allem bzgl. der Aufgabenerfüllung in Abschnitt B herrscht eine große Meinungsverschiedenheit, fast die gesamte Bandbreite der Skala wurde verwendet.

Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse der Beurteilung der Beanspruchung, die auf einer 18-stufigen Skala eingeschätzt werden sollte (1 = sehr wenig beansprucht bis 18 = überbeansprucht). „Sehr wenig beansprucht" bedeutet, dass der Tf in der Lage wäre, weitere (auch unbekannte und überraschend auftretende) Aufgaben und Ereignisse zu erfüllen. „Sehr starke Beanspruchung" beschreibt, dass sich der Tf am Rande seiner Leistungsfähigkeit bewegt und weitere Aufgaben und Ereignisse zu einer Überforderung führen würden. Die stärkste Beanspruchung wurde dem Tf in Abschnitt D zugeschrieben (m=12.07), in Abschnitt C wirkte er weniger beansprucht auf die Instruktoren (m=7.25).

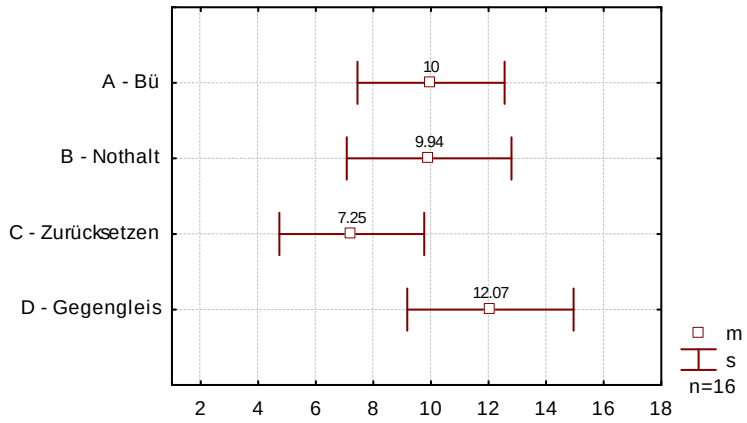


Abbildung 12: Beanspruchung der einzelnen Abschnitte (Skala von 1 - sehr wenig beansprucht bis 18 - überbeansprucht).

Auch bei der Einschätzung der Beanspruchung zeigt sich eine große Streuung. Allerdings handelt es sich hierbei um ein sehr vages Maß, das zuvor weder definiert noch mit geeigneten Verhaltensparametern verankert wurde. Um die Einschätzung der Beanspruchung zu objektivieren,

bedarf es jedoch einer Entwicklung von eindeutigen Verhaltensmarkern und einer diesbezüglichen Schulung der Instruktoren.

Im letzten Teil des Beurteilungsbogens sollten die Instruktoren angeben, welche Qualifikationsmaßnahmen ihrer Meinung nach geeignet sind, die Defizite des Tf auszugleichen. Zu diesem Zweck wurden 12 Qualifikationsmaßnahmen vorgegeben, die als geeignet (*ja*) oder nicht geeignet (*nein*) zu beurteilen waren. Abbildung 13 zeigt die Ergebnisse. Beanstandet wurde vor allem das betriebliche Wissen. Mehr als 80 Prozent der Instruktoren stimmen darin überein, dass der Tf Schulungen in den Bereichen allgemeine Betriebsregeln (Vorschriften, Signale, etc.), Verhalten in schwierigen betrieblichen Situationen sowie Sensibilisierung für Sicherheit im Bahnbetrieb benötigt.

Die Instruktoren äußerten, dass Vorschläge, wie in der Überwachungsfahrt aufgefallene Mängel zu beheben seien, von ihnen leider im Regelbetrieb nicht erwünscht sind.

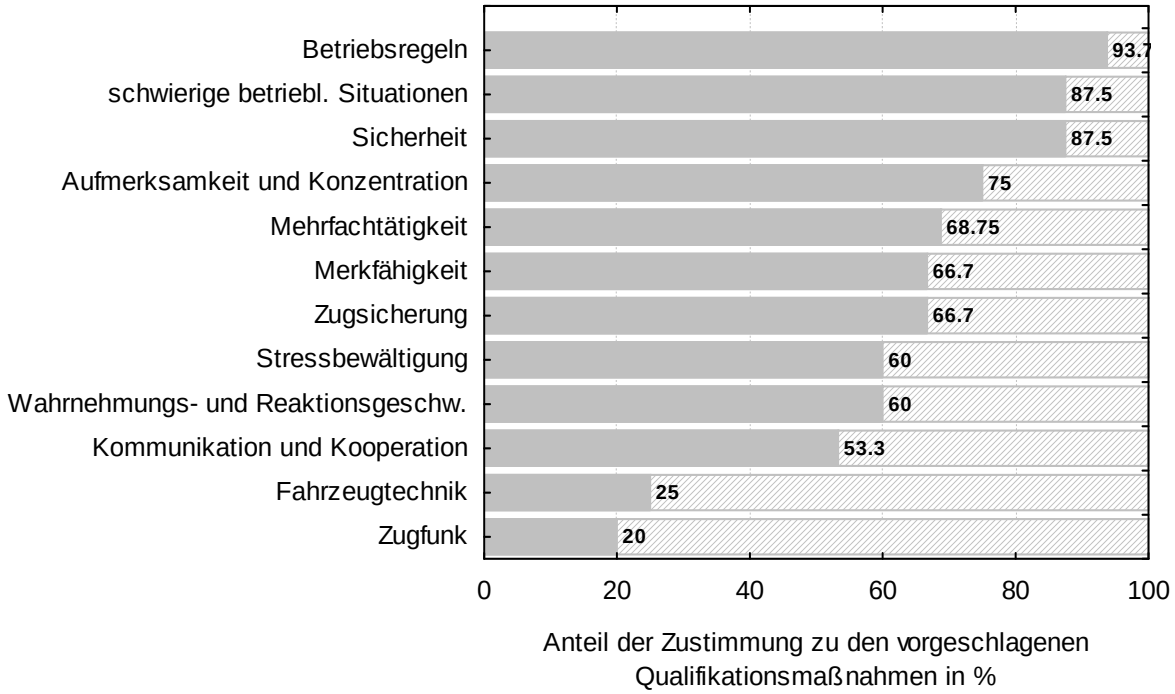


Abbildung 13: Zustimmung zu den vorgeschlagene Qualifikationsmaßnahmen (in %).

5.3 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass große Uneinigkeit darüber herrscht, wann ein Fehler des Tf vorliegt, wie schwer dieser Fehler zu bewerten ist und in welchem Ausmaß er in das Gesamturteil eingehen sollte. Hieraus ergibt sich der dringende Bedarf einer Klärung, welche Fehler wie schwer wiegen, und vor allem auch bei welchen es sich um einen sicherheitsrelevanten Mangel handelt. So argumentieren einige Instruktoren, dass das Sanden bei einem Nothalt nicht zwangsläufig zu einem verkürzten Anhalteweg führt. Aus diesem Grund wird es nicht von allen Instruktoren als unbedingt notwendig erachtet, wenn die Umweltbedingungen optimal sind (trockene Schienen mit maximaler Reibung). Verändert sich allerdings innerhalb der Bremsstrecke der Schienenzustand, dann würde sich ohne zusätzliches Sanden ein erheblich längerer Bremsweg ergeben. Aus diesem Grund (und aus der rechtlichen Verpflichtung, die sich aus der Vorschrift in der Konzernrichtlinie ergibt) hat die „Sanden"-Vorschrift durchaus ihre Berechtigung.

Die Varianz in den Beurteilungen ist jedoch nicht ausschließlich auf die Instruktoren zurückzuführen, sondern resultiert teilweise auch aus der Gestaltung des Beurteilungsbogens. Es zeigte sich, dass fünf Kategorien zur Einschätzung der Fehlerschwere bei den einzelnen Sollverhaltens-

weisen zu viel sind, so dass für weitere Untersuchungen die Kategorienanzahl auf drei reduziert wurde (geringer, mittlerer und sicherheitsrelevanter Fehler). Auch die Einschätzung der Aufgabenerfüllung mit Hilfe der Prozentskala erwies sich als schwierig, da keine Verankerungen der einzelnen Werte angegeben waren.

Daher wurden weitere Modifikationen vorgenommen, welche die Handhabung des Bogens erleichtern. So fällt bspw. die Bewertung von Aufgabenerfüllung und Beanspruchung nach jedem Streckenabschnitt weg. Diese Aspekte werden nur noch für die Gesamtfahrt abgefragt. Des Weiteren fällt nach den einzelnen Streckenabschnitten die Beurteilung der PZB-, Sifa- und sonstiger Tastenbedienung weg. Die korrekte Handhabung der Zugsicherung wird nur noch einmal für die Gesamtfahrt abgefragt. Hinzugefügt wurde die Möglichkeit, bei den einzelnen Ereignissen Kommentare zu notieren, was von den Instruktoren ausdrücklich gewünscht wurde.

Auch die Skalen zur Erfassung von Aufgabenerfüllung und Beanspruchung wurden verändert, um dem Instruktor die Beurteilung zu erleichtern. Beide Skalen sind nun sechsstufig, die Unterteilung in 18 Unterstufen entfällt und beide Skalen wurden einander angepasst (vgl. Abbildung 14).

Wie gut hat der Tf insgesamt seine Aufgaben in der Fahrt erfüllt?					
sehr schlecht	schlecht	mittel	gut	sehr gut	herausragend
sicherheitsrelevanter Mangel verursacht				alle Aufgaben gemäß der KoRil erfüllt	über die Vorschriften der KoRil hinaus

Wie stark wurde der Tf insgesamt von der Fahrt in Anspruch genommen?					
sehr wenig beansprucht	wenig beansprucht	mittel beansprucht	stark beansprucht	sehr stark beansprucht	überbeansprucht
Tf könnte auch weitere Aufgaben erfüllen				Tf bewegt sich am Rande seiner Leistungsfähigkeit	

Abbildung 14: Abfrage der Aufgabenerfüllung und der Beanspruchung.

Das Problem der unterschiedlichen Leistungsbeurteilungen durch die Instruktoren wurde bei dem Jahrestreffen der Instruktoren thematisiert. Die Instruktoren diskutierten die Frage „Wie kommen wir zu einer einheitlichen Leistungsbewertung?“ und arbeiteten die Ursachen und mögliche Lösungen des Problems heraus. Als mögliche Ursachen einer uneinheitlichen Leistungsbewertung wurden genannt:

- Unterschiedliche Interpretation der Vorschrift (jeder Instruktor legt das Regelwerk etwas anders aus)
- Keine einheitlichen Bewertungsvorgaben (Wie ist eine Betriebsgefahr genau definiert? Welcher Fehler des Tf während der Überwachungsfahrt ist wie zu bewerten?)
- Teilweise keine allgemeine Einführung und Vorstellung der jährlichen Überwachungsfahrten (jeder Instruktor muss sich die neuen Ereignisse allein erarbeiten, kein gemeinsamer Austausch über die Art der Bewertung und eine einheitliche Durchführung der Überwachungsfahrt)
- Unterschiedliches Vorgehen während des Vorgesprächs (wenn der Instruktor z.B. bestimmte Informationen im Vorgespräch detailliert durchspricht, dann erwartet er auch eher ein korrektes Verhalten vom Tf)
- Unterschiedlicher Wissensstand der Instruktoren (bzgl. Regelwerk, Fahrtdurchführung etc.)
- Unterschiedliche Vorerfahrung der Tf bzgl. der gefahrenen Simulatorbaureihe

- Unterschiedliche Ausbildung der Tf (Cargo vs. Nahverkehr vs. Fernverkehr)
- Emotionale Verfassung des Instruktors (bzgl. Zeitdruck, Aufmerksamkeit oder Schichtdauer)
- Störungen von außen (z.B. durch Telefon, Besucher) und deshalb evtl. Übersehen wichtiger Verhaltensweisen des Tf

Als mögliche Lösungen, um eine einheitliche Leistungsbeurteilung sicher zu stellen, wurden genannt:

- Einheitliche Kenntnis der Regelwerks, d.h. regelmäßige Fortbildung der Instruktoren
- Regelmäßige Qualitätsüberwachung an den verschiedenen Standorten (eine externe Person beobachtet das Vorgehen und macht auf kritische – dem Standard widersprechende – Aspekte aufmerksam)
- Checkliste bzw. Bewertungsbogen zu jeder Fahrt
- Bewertungskatalog für alle möglichen Fehler in einer Überwachungsfahrt sowie ein Betriebsgefahrenkatalog zu jeder Fahrt
- Ausführliches und detailliertes Vorstellen der jährlichen Simulatorfahrten (incl. Vor- und Nachbesprechung) zu Jahresbeginn an allen Simulatorstandorten
- Möglichst jeden Tf auf eine bekannte Simulatorbaureihe buchen
- Verbesserte Gestaltung des Dienstplans und der Übungen, so dass weniger Zeitdruck entsteht
- Jeder Instruktor muss bei Störungen von außen Prioritäten setzen (Rollenspiel mit Tf ist wichtiger als Beantworten eines Telefonanrufs)
- Regelmäßige Diskussionen und Erfahrungsaustausch zwischen den Instruktoren
- Internet-Diskussionsforum für offenen Fragen

Von den Instruktoren wird somit eine ganze Reihe von Lösungsansätzen genannt. So gibt es organisatorische Aspekte, die verbessert werden können (Buchen des Tf auf bekannte Simulatorbaureihen, verbesserte Dienstplan- und Übungsgestaltung, detailliertes Vorstellen der jährlichen Überwachungsfahrten). Neben diesen werden Aspekte der Zertifizierung der Instruktoren genannt, insbesondere ein einheitlicher Kenntnisstand sowie ein einheitliches Vorgehen bei der Durchführung der Überwachungsfahrten an allen Standorten sollten angestrebt werden. Auch die im Projekt „Verhaltensmarker“ gewählten Methoden, eine objektive Leistungsbewertung zu unterstützen, werden genannt. Erwähnt wird eine verpflichtende Checkliste, die während der Überwachungsfahrt von jedem Instruktor ausgefüllt wird und ein am besten auf die Checkliste abgestimmter Bewertungs- und Fehlerkatalog für jedes während der Überwachungsfahrt geprüfte Sollverhalten.

6 DATENKONZEPT

Wenn die Leistung eines Tf in der Überwachungsfahrt beurteilt werden soll, ist es notwendig, das geforderte Verhalten (Soll-Verhalten) mit dem tatsächlich gezeigten Verhalten (Ist-Verhalten) zu vergleichen. Um den Aufwand zu bewältigen, der aufgrund der großen Anzahl an bahnbetrieblichen Ereignissen und den damit verbundenen Vorschriften entsteht, und die Definition von Verhaltensmarkern flexibel für unterschiedliche Ereignisse in der Überwachungsfahrt zu halten, ist ein Konzept notwendig, das von den Konzernrichtlinien über zu messende Verhaltensmarker bis hin zu einer aussagekräftigen Bewertung möglichst eindeutig und nachvollziehbar (theoretisch wie auch praktisch) voranschreitet (Abbildung 15). Die meisten Inhalte des Datenkonzepts sind als Matrizen angelegt und wurden aufgrund des großen inhaltlichen Umfangs mit Hilfe einer relationalen Datenbank gepflegt. Dieses Konzept wird im Folgenden vorgestellt und anhand einiger Beispiele erläutert.

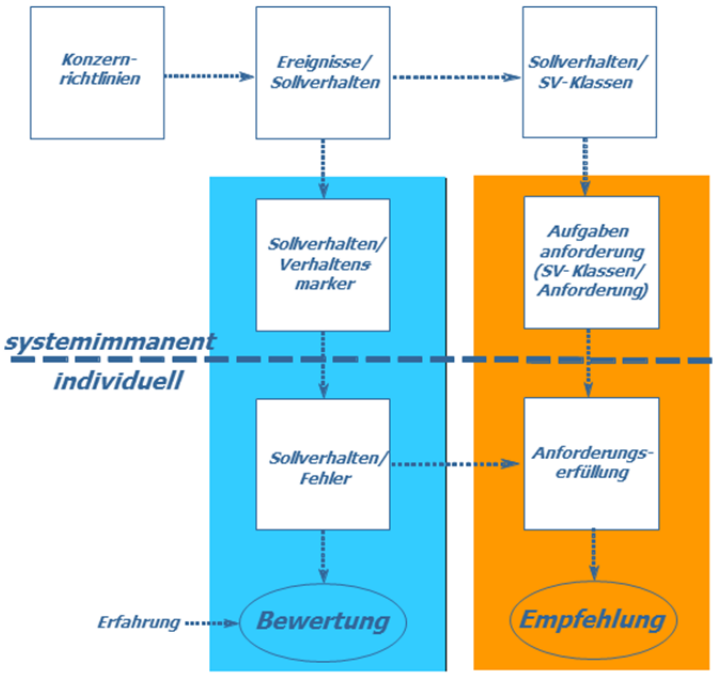


Abbildung 15: Das Datenkonzept (links: der Weg zur Bewertung des Tf, rechts: der Weg zu den Empfehlungen von Qualifizierungsmaßnahmen; systemimmanent: generelle Datenquellen und Struktur der Matrizen, individuell: Füllen der Matrizen mit den Daten der Überwachungsfahrt eines Tf).

Innerhalb des Datenkonzepts können zwei Ebenen unterschieden werden: eine systemimmanente und eine individuelle Ebene. Die systemimmanente Ebene umfasst die generellen Datenquellen, die zur Bewertung eines Tf zur Verfügung stehen sowie die Struktur der einzelnen Matrizen. Werden die Matrizen mit individuellen Werten eines Übungsteilnehmers gefüllt, um zu einer Bewertung und Empfehlung zu gelangen, wechselt man auf die individuelle Ebene. Im Folgenden werden die einzelnen Matrizen des Datenkonzeptes genauer beschrieben.

Startpunkt des Datenkonzepts ist zunächst eine Auswahl an relevanten Konzernrichtlinien der Deutschen Bahn AG, aus denen in einem weiteren Auswahlschritt die relevanten betrieblichen Ereignisse extrahiert werden. Das Sollverhalten, das von einem Tf in den jeweiligen Situationen verlangt wird, wird dann in der Matrix Ereignisse/Sollverhalten den jeweiligen Ereignissen gegenüberstellt. Diese Matrix bildet die Grundlage des weiteren Vorgehens.

In einem dritten Schritt gilt es nun, für jedes Sollverhalten einen geeigneten Satz an Verhaltensmarkern zu bestimmen, um eine strukturierte Leistungserfassung des individuellen Tf zu ermöglichen. Die Verhaltensmarker werden zum einen aus den Simulatordaten generiert, zum anderen durch die standardisierte Beobachtung der Instruktoren festgehalten (siehe Abbildung 16). Die Zuordnung der Verhaltensmarker zu den Sollverhaltensabweichungen findet in der Matrix Sollverhalten/Verhaltensmarker statt.

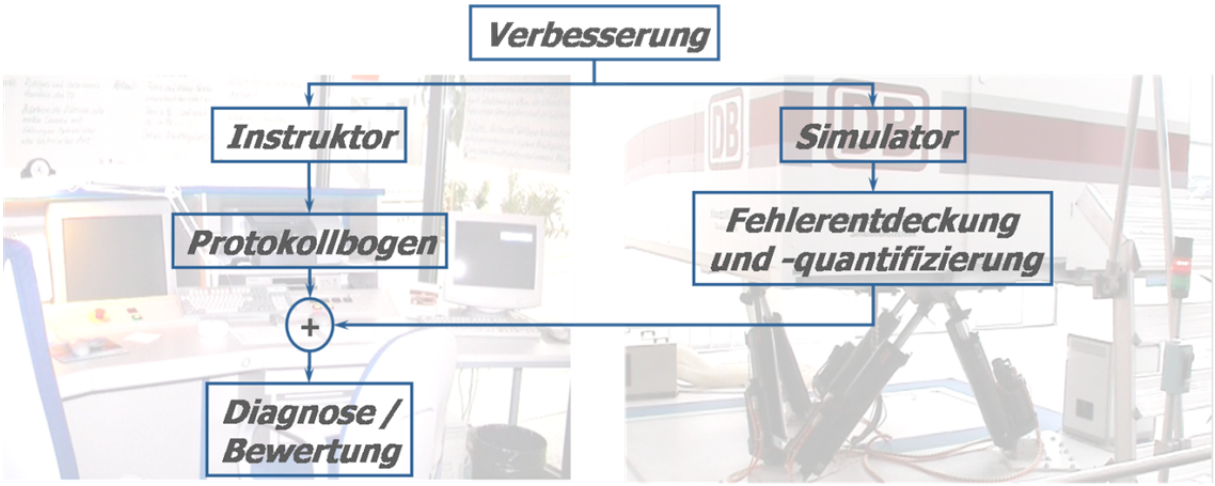


Abbildung 16: Darstellung der Leistungsmessung aus den beiden verschiedenen Quellen Simulator und Instruktor.

Auf der individuellen Ebene wird über einen Bewertungsalgorithmus die Diskrepanz zwischen Ist- und Sollverhalten bestimmt. In diesen Algorithmus fließt auch die Erfahrung des einzelnen Tf bzgl. der gefahrenen Simulatorbaureihe und der gefahrenen Strecke mit ein. Auf diese Weise kommt es zu einer objektiven und nachprüfbaren Leistungsmessung des Tf in der Überwachungsfahrt. In der Matrix Sollverhalten/Fehler ist dann schließlich hinterlegt, wie eine Sollverhaltensabweichung zu bewerten ist, sprich, ob eine Sollverhaltensabweichung als Fehler zu bewerten ist, und wenn ja, als wie schwerwiegend dieser Fehler einzustufen ist.

Das Datenkonzept stellt der (in blau hinterlegten) Bewertung eines Tf zusätzlich eine (in orange hinterlegte) Empfehlung zur Qualifizierung an die Seite. Diese Empfehlung basiert auf einer Erfassung der Aufgabenanforderungen und der Verknüpfung dieser Anforderungen mit dem zu zeigenden Sollverhalten. Aus der individuellen Bewertung der Sollverhaltensabweichung lässt sich dann ebenfalls eine Aussage zur Anforderungserfüllung ableiten. Die große Anzahl an Sollverhaltensweisen erfordert allerdings zunächst eine gröbere Klassifizierung in Sollverhaltensklassen (Matrix Sollverhalten/Sollverhaltensklassen), bevor eine Zuordnung dieser Klassen zu den Anforderungen umgesetzt werden kann (Matrix Sollverhaltensklassen/Anforderung).

Um die Anschaulichkeit des Vorgehens zu verbessern, werden die einzelnen Schritte im folgenden Abschnitt durch beispielhafte Auszüge der Matrizen erläutert.

6.1 Definition des Sollverhaltens

6.1.1 Konzernrichtlinien (KoRil)[2]

Ausgangslage für die Umsetzung des Datenkonzeptes sind zunächst sämtliche verfügbare Dienstvorschriften der Deutschen Bahn AG. Stellvertretend hierfür wird im weiteren Verlauf der

[2] Wörtlich aus den Konzernrichtlinien zitierte Passagen werden im Folgenden kursiv dargestellt.

Begriff Konzernrichtlinien verwendet. Die für die Zusammenstellung von Überwachungsfahrten relevanten Konzernrichtlinien lauten:

- 408.xxxx Züge fahren und Rangieren
- 132.xxxx Arbeitsschutz-Dokumentation
- DS 300 Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung (EBO)
- DS/DV 301 Gemeinsames Signalbuch
- 423.xxxx Notfallmanagement
- 481.xxxx Telekommunikationsanlagen im Bahnbetrieb bedienen
- 492.xxxx Triebfahrzeuge führen
- DS 915.01 Bremsvorschrift
- 483.0x Zugbeeinflussungsanlagen bedienen

Die Konzernrichtlinie *Züge fahren und Rangieren* enthält die weitaus größte Anzahl an relevanten Vorschriften für den Tf. In dieser Richtlinie sind allerdings auch Vorschriften anderer Berufsgruppen wie Fahrdienstleiter (Fdl) oder Zugführer (Zf) festgeschrieben. Hier ist es notwendig, die relevanten Vorschriften zu extrahieren. Ein Beispiel für den Tf betreffende Abschnitte enthält Tabelle 8. Zur Veranschaulichung des Vorgehens werden auch einige nicht relevante Richtlinien in der Tabelle dargestellt.

Tabelle 8: Auszug relevanter und nicht relevanter Richtlinien und Paragrafen.

Relevante Konzernrichtlinie, Richtlinienabschnitt, Paragraph	
408.0456	Halten, Weiterfahrt nach Halt, Fahrt mit besonderem Auftrag 1 Halten (gilt für Tf)
408.0482	Sperrfahrten durchführen – Regeln für den Triebfahrzeugführer und Zugführer – 4 Gültigkeit der Signale bei mehreren Sperrfahrten (gilt für Tf, Zf)
408.0554	Unregelmäßigkeiten an Stromabnehmern, Feuer im Zug 1 Unregelmäßigkeiten an Stromabnehmern (gilt für Fdl, Zm, Schrw, öA, Tf, Tb, Zf, Zs, Bed Stw, Meldeposten)[3]
408.0581	Verhalten bei Gefahr 2 Züge anhalten (gilt für Fdl, Zm, Schrw, öA, Tf, Tb, Zf, Zs, Bed Stw)
nicht relevante Konzernrichtlinie, Richtlinienabschnitt	
408.0203	Vorgänge, Aufträge oder Meldungen nachweisen (gilt für Fdl, Zm)
408.0501	Betriebsstelle nach unterbrochener Arbeitszeit nicht besetzt (gilt für Fdl, Schrw)

6.1.2 Ereignisse und Sollverhaltensweisen

In der Konzernrichtlinie 408 sind die Paragraphen in aller Regel als Konditionalsätze formuliert. Ein konkretes Beispiel:

> *Wenn Sie wegen eines Halt zeigenden Signals anhalten oder wegen LZB-Halts halten, müssen Sie die Ursache beim Fahrdienstleiter erfragen.*

[3] Zm: Zugmelder, Schrw: Schrankenwärter, öA: örtliche Aufsicht, Tb: Triebfahrzeugbegleiter, Zs: Zugschaffner, Bed Stw: Bediener von Stellwerken

Die Bedingung definiert das Ereignis, gefolgt von der Formulierung des Sollverhaltens. Jedem Ereignis folgt somit eine (oder mehrere) Sollverhaltensweise(n).

Eine kurze Erläuterung zur Begrifflichkeit Ereignis: Wenn im Zusammenhang mit der Überwachungsfahrt von einem Ereignis die Rede ist, handelt es sich z.B. um das Zurücksetzen eines Zuges hinter ein bestimmtes Signal oder das Sichern eines Bahnübergangs. Im Sinne der Konzernrichtlinie sind diese Ereignisse jedoch genauer zu definieren. Ist es beim Zurücksetzen möglich, einen Führerraumwechsel durchzuführen oder steht ein Rangierbegleiter bereit? Kann der Bahnübergang technisch gesichert werden oder nicht? Alle Ereignisalternativen werden so durch Einzelereignisse beschrieben und einzeln aufgeführt. Wenn in den folgenden Ausführungen von Ereignissen die Rede ist, handelt es sich um diese Einzelereignisse. Ein weiterer Schritt wird notwendig sein, um aus diesen Einzelereignissen wiederum simulierbare Ereignisse im Sinne der Überwachungsfahrt zusammen zu stellen.

Nicht alle für den Tf relevanten Paragraphen beschreiben Ereignisse, deren Durchführung im Rahmen einer Überwachungsfahrt sinnvoll erscheint. Der Schwerpunkt der Überwachungsfahrt liegt auf der Simulation von bahnbetrieblichen Ereignissen. Im Vordergrund stehen dabei bahnbetriebliche Unregelmäßigkeiten. Daher entfallen Ereignisse, die

- im Rahmen einer Überwachungsfahrt nicht relevant sind (z.B. Ereignisse mit außergewöhnlichen Fahrzeugen),
- keine konkreten Handlungsanweisungen enthalten, da es sich um Ereignisse handelt, die reines Wissen beschreiben (z.B. *In den örtlichen Richtlinien können zusätzliche Regeln genannt sein.*),
- nicht simulierbar sind aufgrund technischer Restriktionen (z.B. Rangieren),
- aus Gründen der Konzernphilosophie und aus ethischen Gründen nicht simulierbar sind (z.B. Konfrontation mit einem Suizidversuch).

Einige relevante Ereignisse sind in Tabelle 9 dargestellt:

Tabelle 9: Beispielhafte Auswahl relevanter Ereignisse und Sollverhaltensweisen.

Ereignisse / Sollverhalten
Wenn Sie wegen eines Halt zeigenden Signals anhalten oder wegen LZB-Halts halten, *müssen Sie die Ursache beim Fahrdienstleiter erfragen, wenn sie nicht bereits bekannt ist. Sie müssen den Fahrdienstleiter jedoch spätestens fünf Minuten nach dem Anhalten verständigen.*
Wenn mehrere Sperrfahrten vor einem Signal halten oder sich ihm nähern, *gelten die Fahrtstellung der Hauptsignale oder die Signale Sh 1 (DS 301), Zs 1, Zs 7 (DS 301), Zs 8, Zs 11 oder Ts 3 nur für den Triebfahrzeugführer der jeweils ersten Sperrfahrt.*
Wenn Sie bei einem fahrenden Zug einen Speisewagen mit gehobenem Stromabnehmer feststellen, *müssen Sie den Zug sofort anhalten und als Fahrdienstleiter die Zentralschaltstelle verständigen.*
Wird ein Zug wegen einer Gefahr angehalten oder kommt ein Zug aus nicht erkennbarem Anlass zum Halten, *so müssen Sie die Gefahr auch für Züge in Nachbargleisen annehmen, wenn nicht einwandfrei festgestellt wird, dass die Nachbargleise befahren werden können.*

Die einzelnen Handlungsschritte für den Tf sind häufig in ihrer Reihenfolge genau festgelegt. Das Ereignis „Bü-Sicherung – technische Sicherung nicht möglich“ umfasst bspw. folgende Sollverhaltensweisen:

- Halt vor dem Bahnübergang
- Verkehr beobachten
- Achtungssignal (Zp1) geben
- mit Schrittgeschwindigkeit bis zur Mitte des Bahnübergangs vorfahren
- Bahnübergang zügig räumen.

Die korrekte Entgegennahme eines schriftlichen Befehls zur Sicherung des Bahnübergangs zählt nicht zum Sollverhalten innerhalb des Ereignisses „Bü-Sicherung – technische Sicherung nicht möglich", sondern wird dem Ereignis „schriftlicher Befehl" zugeordnet.

Sollverhalten kann auch für Verhaltensweisen definiert werden, die kein spezifisches Ereignis beschreiben, die für die Durchführung einer Zugfahrt aber unerlässlich sind. So gehören die Bedienung der Sicherheitsfahrschaltung, die Bedienung der Zugsicherungseinrichtung oder die stetige Beobachtung der Strecke zu den Kernaufgaben eines Tf. Sollverhaltensabweichungen, die bei diesen allgemeinen Aufgaben auftreten, sollten durch das Verhaltensmarkersystem ebenfalls gemessen und bewertet werden.

6.2 Erarbeitung der Verhaltensmarker und Zuordnung zu den Sollverhaltensweisen

Der zentrale Punkt des Projekts ist die objektive Messung und Bewertung der Leistung eines Tf während der Überwachungsfahrt. Es stehen dafür grundsätzlich zwei Datenquellen zur Verfügung: Zum einen die Beobachtung des Tf durch den Instruktor (I) vor und während der Simulation und zum anderen die Aufnahme von zahlreichen Fahrdaten durch eine Rechnerschnittstelle am Simulator (S). Die aus der Simulation auszuwertenden Daten umfassen bspw. die Geschwindigkeit, die Beschleunigung, das Bedienen der Befehlstaste oder des Sanden-Schalters. Die Streckenbeobachtung durch den Tf oder die richtige Behandlung der Befehle ist dagegen nur durch eine Einschätzung des Instruktors zugänglich.

Ein Beispiel: Ob, an welcher Stelle und wie lange ein Tf vor einem Bahnübergang gehalten hat, kann sowohl aus den Simulatordaten als auch durch den Instruktor abgeleitet werden. Die Beobachtung des Verkehrs durch den Tf an einem technisch ungesicherten Bahnübergang ist dagegen nur durch den Instruktor zu bewerten. Existieren sowohl Informationen aus der Beobachtung des Instruktors als auch aus den Simulatordaten, ist die Simulatoraufzeichnung aufgrund der Objektivität und der Genauigkeit der Messung vorzuziehen.

Die Aufgabe ist es zunächst, geeignete Maße aus den Datenquellen zu ziehen, die in der Lage sind, das entsprechende Sollverhalten abzubilden, d.h. es zu operationalisieren.

Da in jeder Überwachungsfahrt andere Ereignisse in jeweils spezifischer Reihenfolge absolviert werden, unterscheiden sich die Auswertungsprozeduren der einzelnen Überwachungsfahrten. Dennoch muss ein auszuwertendes Verhalten nicht jeweils vollkommen neu definiert werden. Vielmehr gibt es Verhaltensweisen, die immer wieder vorkommen und deren Parameter bis auf die Änderung fahrtspezifischer Daten übernommen werden können.

Folgende Verhaltensmarker wurden im Rahmen dieser Arbeit herausgearbeitet und während der im Untersuchungszeitraum durchgeführten Überwachungsfahrten aufgezeichnet und ausgewertet:

Beschleunigungsverhalten

Das Beschleunigungsverhalten wird in einem festgelegten Zeitraum von 30 Sekunden nach Fahrtbeginn bzw. nach Ende eines Halts gemessen. Der entsprechende Zeitraum wird aus den Gesamtdaten selektiert und die maximale Beschleunigung detektiert sowie die mittlere Beschleunigung berechnet. Letztere ist der Mittelwert aller Beschleunigungswerte im betrachteten

30-Sekunden-Zeitraum. Für die Auswertung des Verhaltensmarkers *Beschleunigungsverhalten* sind folgende Parameter festzulegen: Ein Zeitraum von 30 Sekunden zwischen Fahrtbeginn und dem Ende der Messung des Beschleunigungsverhaltens.

Geschwindigkeitsverhalten

Das Geschwindigkeitsverhalten wird für jeden Fahrtabschnitt mit jeweils definierter Höchstgeschwindigkeit (laut Buchfahrplan, Befehl, Signalstellung etc.) erhoben. Zur Auswertung des Geschwindigkeitsverhaltens in einem Fahrtabschnitt wird dieser zuerst aus der Gesamtfahrt selektiert. Die Streckenpunkte sind definiert als Streckenkilometer, Signal, Weiche etc. Der Verhaltensmarker *Geschwindigkeitsverhalten* prüft, ob der Tf in diesem Fahrtabschnitt schneller als die zulässige Höchstgeschwindigkeit gefahren ist. Dazu wird die höchste gefahrene Geschwindigkeit detektiert und mit dem jeweiligen Limit verglichen. Übersteigt die Fahrgeschwindigkeit an irgendeinem Punkt das Limit (zzgl. Toleranzgrenze), wird die Dauer der Überschreitung gemessen. Diese Dauer entspricht der Summe aller Einzelzeiträume, in denen der Zug schneller fährt als vorgeschrieben. Weiterhin wird die mittlere Geschwindigkeit im betrachteten Streckenabschnitt berechnet. Streckenteile, in denen die Fahrgeschwindigkeit im Vergleich zur erlaubten Höchstgeschwindigkeit sehr gering ist sowie Streckenteile, in denen stark gebremst wird, werden in die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit nicht aufgenommen.

Fährt der Zug in einen Streckenabschnitt ein, der eine höhere Fahrgeschwindigkeit erlaubt, muss er warten, bis sich der gesamte Zug (letzter Wagen – letzte Achse) in diesem neuen Fahrtabschnitt befindet (abzgl. Toleranzgrenze), bevor die neue Höchstgeschwindigkeit gilt. Umgekehrt gilt: Fährt der Zug in einen Abschnitt ein, in dem langsamer gefahren werden muss, so muss der Tf bereits bei Einfahrt in diesen Bereich die neue Höchstgeschwindigkeit unterschritten haben.

Für eine Auswertung des Verhaltensmarkers *Geschwindigkeitsverhalten* sind folgende Parameter festzulegen: Toleranzgrenze für Geschwindigkeit (1 km/h), unteres Geschwindigkeitslimit für Berechnung der mittleren Geschwindigkeit (meist 10 km/h), minimale Verzögerung für Berechnung der mittleren Geschwindigkeit (-0.3 m/s^2), Toleranzgrenze für die Länge der einzelnen Fahrtabschnitte (10 % der Zuglänge).

Beschleunigungswechsel

Für jeden Fahrtabschnitt, in dem das Geschwindigkeitsverhalten betrachtet wird, wird auch die Anzahl der Beschleunigungswechsel erhoben. Dieser Verhaltensmarker zählt die Häufigkeit, mit der der Tf von einem Beschleunigungsvorgang abrupt in einen Bremsvorgang bzw. von einem Bremsvorgang abrupt in einen Beschleunigungsvorgang wechselt. Für eine Auswertung des Verhaltensmarkers *Beschleunigungswechsel* sind folgende Parameter festzulegen: Toleranzgrenze für die Länge der einzelnen Fahrtabschnitte (10 % der Zuglänge).

Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis

Der Verhaltensmarker *Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis* prüft, ob in einem festgelegten Abschnitt der Fahrt vom Tf eine bestimmte Taste (Freitaste, Wachsamtaste, Befehlstaste) gedrückt wurde. Es wird die Reaktionszeit zwischen dem auslösenden Ereignis für den Tastendruck (z.B. dem Leuchten eines Leuchtmelders) und dem Tastendruck (in Sekunden) berechnet.

Halten einer Taste

Muss eine Taste über einen längeren Zeitraum bedient bzw. gehalten werden (z.B. die Befehlstaste beim Passieren eines haltzeigenden Signals), wird im festgelegten Fahrtabschnitt die Dauer der Tastenbedienung (in Sekunden) und der dabei zurückgelegte Weg (in Metern) berechnet sowie festgestellt, ob die Bedienung korrekt war. Die Korrektheit der Bedienung kann erhoben werden, indem überprüft wird, ob in einem festgelegten Bereich um das jeweilige Signal eine Zwangsbremsung aufgetreten ist oder nicht. Kam es zu einer Zwangsbremsung in zeitlichem Zusammenhang zur Tastenbedienung, so war diese inkorrekt. Für eine Auswertung des

Verhaltensmarkers *Halten einer Taste* sind folgende Parameter festzulegen: Eine Bereichsgrenze von zehn Metern um ein Signal herum. In diesem Bereich ist die Tastenbedienung vorzunehmen.

Halt

Der Zug wird vom Tf aus unterschiedlichen Gründen gestoppt, wie bspw. vor einem Bahnübergang oder vor einem Signal. Im relevanten Streckenabschnitt wird detektiert, an welcher Stelle der Zug zum Halt kommt. Als berechnete Größe wird der Abstand zu einem definierten Punkt (Signal, Bahnübergang etc.) berechnet.

Anhalten

Der Verhaltensmarker *Anhalten* überprüft, ob der Tf nach einem auslösenden Ereignis (z.B. LZB-Übertragungsausfall) anhält, wie viel Zeit bis zum Anhalten vergeht (in Sekunden) und welche Wegstrecke dabei zurückgelegt wird (in Metern). Weiterhin kann die Bremsart kontrolliert werden (Schnellbremsung, Vollbremsung, Betriebsbremsung).

Bremsverhalten

Der Verhaltensmarker *Bremsverhalten* betrachtet das korrekte Unterstützen einer Zwangsbremsung. Im relevanten Fahrtabschnitt wird überprüft, ob der Tf eine Schnellbremsung und das Sanden einleitet und wie viel Zeit vom auslösenden Ereignis (Aufleuchten des Leuchtmelders) bis zum Einleiten der Schnellbremsung bzw. Sanden vergeht (in Sekunden). In den Fällen, in denen kein auslösendes Ereignis aus den Rohdaten extrahiert werden kann (z.B. Nothalt des Tf nach Erkennen eines Hindernisses im Gegengleis) wird die Entfernung (in Metern) bis zu diesem Hindernis zum Zeitpunkt der Schnellbremsung bzw. des Sandens gemessen.

Kommunikationsverhalten

Für den Verhaltensmarker *Kommunikationsverhalten* wird im relevanten Streckenabschnitt betrachtet, wann der Tf den Hörer des Zugfunkgeräts abnimmt und wann er ihn wieder auflegt. Aus dieser Information wird die Dauer der Kommunikation ermittelt (in Sekunden). Aus der Differenz zwischen Zeitpunkt des Anhaltens und Abnahme des Hörers ergibt sich die Zeit bis zur aufgebauten Zugfunkverbindung (in Sekunden). Entscheidender sind jedoch die Struktur und der Inhalt der Kommunikation, besonders im Falle einer Befehlsübermittlung. Unter das Kommunikationsverhalten fällt auch die Beobachutng des Straßenverkehrs an einem Bahnübergang.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die auszuwertenden Verhaltensmarker:

Tabelle 10: Übersicht über die Verhaltensmarker und ihre Eingangs- und Ausgangsparameter.

Nr.	Verhaltensmarker	Eingangsparameter	Ausgangsparameter
1	Beschleunigungsverhalten	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts Beschleunigung	maximale Beschleunigung [m/s^2] mittlere Beschleunigung [m/s^2]
2	Geschwindigkeitsverhalten	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts Geschwindigkeit	Höchstgeschwindigkeit [km/h] Dauer der Überschreitung [s] mittlere Geschwindigkeit [km/h]
3	Beschleunigungswechsel	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts Beschleunigung	Anzahl der Beschleunigungswechsel [n]

Nr.	Verhaltensmarker	Eingangsparameter	Ausgangsparameter
4	Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts relevanter Zeitpunkt Taste	Zeit bis Tastendruck [s]
5	Halten einer Taste	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts Taste Leuchtmelder Zwangsbremsung	Dauer der Tastenbedienung [s] Korrektheit der Tastenbedienung [0/1]
6	Halt	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts relevanter Streckenpunkt Fahrgeschwindigkeit	Abstand bis Streckenpunkt [m]
7	Anhalten	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts relevanter Zeitpunkt Fahrgeschwindigkeit Zustand Bremsventil Zustand Notbremse	Zeit bis Halt [s] Strecke bis Halt [m] Zustand Bremsventil [0/1/2]
8	Bremsverhalten	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts relevanter Zeit- bzw. Streckenpunkt Zustand Bremsventil Zustand Notbremse Zustand Sanden-Schalter	Zustand Schnellbremsung [0/1] Reaktionszeit [s] bzw. -weg [m] bis Schnellbremsung Zustand Sandens [0/1] Reaktionszeit [s] bzw. -weg [m] bis Sanden
9	Kommunikationsverhalten	Anfangs- und Endpunkt des relevanten Streckenabschnitts Fahrgeschwindigkeit Zustand Zugfunkhörer	Dauer der Kommunikation [s] Zeit bis Zugfunkverbindung [s] bzw. Weg bis Zugfunkverbindung [m]

Eine beispielhafte Zuordnung der Verhaltensmarker zu den Sollverhaltensweisen ist in Tabelle 11 dargestellt:

Tabelle 11: Beispiele für die Zuordnung Sollverhalten - Verhaltensmarker (S = Simulator / I = Instruktor).

Verhaltensmarker / Sollverhalten	Beschleunigung	Geschwindigkeit	Beschleunigungswechsel	Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis	Halten einer Taste	Halt	Anhalten	Bremsen	Kommunikation
Halt vor Bü		S				S			
Verkehr beobachten									I
Achtungssignal (Zp1) geben					S				
mit Schrittgeschwindigkeit bis zur Mitte des Bü vorfahren		S							
Bü zügig räumen	S	S							
Ruf an Zugpersonal oder Rangierbegleiter									I
sichere Verbindung aufbauen									I
Geschwindigkeit beachten (10 km/h)		S							
Halt (nach Befehl)		S				S			
[Fdl evtl. Erledigung melden]									I
Geschwindigkeit beachten (40 km/h bis zum Erkennen des nächsten Hauptsignals)		S							

6.3 Festlegung von Bewertungskriterien mit Hilfe einer Fehlerklassifikation

Die Fehler, die während der Überwachungsfahrt vom Tf möglicherweise gemacht werden, sind dem Datenkonzept folgend als Sollverhaltensabweichungen definiert. Das Nicht-Ausführen oder inkorrekte Durchführen einer vorgeschriebenen Sollhandlung durch den Tf entspricht einem Fehler. Die Abweichungen vom Sollverhalten werden gewichtet. Die Fehlergewichtung hängt von den potentiellen Auswirkungen der Fehlhandlung ab (in der Reihenfolge der Schwere der Auswirkung):

- Beeinträchtigung des Fahrkomforts
- Zeitverlust und damit verbundene Verspätung
- geringere Wirtschaftlichkeit
- Beschädigung von Arbeitsmitteln
- Beeinträchtigung der Sicherheit
- konkrete Gefährdung.

Es wird eine dreistufige Gewichtung der Fehler eingeführt. Der Wert 0 steht für keine Sollverhaltensabweichung, der Wert 1 für einen leichten Fehler, der Wert 2 für einen mittelschweren Fehler und der Wert 3 für einen sicherheitsrelevanten Mangel. Diese Klassifikation ergibt sich zum einen aus den Ergebnissen der Untersuchung zur Beurteilungsübereinstimmung (siehe Kapitel 5), zum anderen folgt sie der bei der Deutschen Bahn AG üblichen Klassifikation für die Bewertung von Prüfungsergebnissen.

Im folgenden Abschnitt finden sich detaillierte Fehlertabellen, die die Grundlage für alle weiteren Leistungsbewertungen bilden. Die Höhe der Abweichungen lassen sich durch die Anwendung der Verrechnungsformeln auf die individuellen Fahrdaten errechnen. Für jede Sollverhaltensweise wurden Sollverhaltensabweichungen definiert und mit einer Fehlerschwere belegt. Die Fehlertabellen sind das Ergebnis strukturierter Diskussionen mit den Instruktoren der Deutschen Bahn AG und wurden – nachdem sie dem zuständigen Fachdienst zur Überprüfung vorgelegt wurden – schließlich im Konsens verabschiedet.

Um die Beurteilungsübereinstimmung zu erhöhen und gleichzeitig mehr Informationen über die Leistung und das Verhalten eines Tf festhalten zu können, wurde zunächst eine Fehlertabelle entwickelt: Für alle in den Überwachungsfahrten vorkommenden Sollverhaltensweisen wurden mögliche Abweichungen erhoben und durch ein Team von erfahrenen Instruktoren den drei Fehlerkategorien (1) geringer Fehler, (2) mittelschwerer Fehler und (3) sicherheitsrelevanter Fehler zugeordnet. Dies führt zu einer Fehlertabelle, die alle Sollverhaltensweisen umfasst, die in den unterschiedlichen Überwachungsfahrten der letzten Jahre abgeprüft wurden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden eine PZB-Fehlertabelle und eine LZB-Fehlertabelle abgeleitet, die im Folgenden näher erläutert werden. Diese Tabelle dient als Grundlage für die Entwicklung eines detaillierten und an die unterschiedlichen Überwachungsfahrten angepassten Protokollbogens.

Fehlertabelle PZB-Fahrten

Tabelle 12 stellt die Fehlertabelle für die PZB-Fahrten vor. Bezogen auf die bisher durchgeführten PZB-Überwachungsfahrten gibt es insgesamt 30 verschiedene Sollverhaltensweisen, denen jeder Tf folgen muss. Diese Sollverhaltensweisen beziehen sich auf das Einhalten der korrekten Geschwindigkeit, auf das richtige Anhalten, auf die korrekte Kommunikation, auf die richtige Bedienung der PZB-Einrichtung, auf das korrekte Bremsen und auf den korrekten Umgang mit schriftlichen Befehlen. Für jedes nicht korrekte Sollverhalten wird der entsprechenden Sollverhaltensabweichung eine der unterschiedlichen Fehlerkategorien zugeordnet (1: geringer Fehler, 2: mittlerer Fehler, 3: sicherheitsrelevanter Fehler).

Allerdings können nicht bei jeder Sollverhaltensweise alle drei Fehlerarten auftreten. So sind bei manchen Sollverhaltensweisen keine sicherheitsrelevanten Fehler möglich: Falls der Tf nach einem unvorhergesehenen Halt nicht den Fdl ruft oder erst nach mehr als 60 Sekunden („Sprechwunsch anmelden“), so kann dies zwar zu Verzögerungen und Verspätungen im Betriebsablauf führen, doch kann aus diesem Fehlverhalten keine Gefahr entstehen. Beim Unterstützen einer Zwangsbremsung durch eine eingeleitete Schnellbremsung („Zwangsbremsung unterstützen“) ist jedoch ein sicherheitsrelevanter Fehler sehr wohl möglich: Leitet der Tf keine Schnellbremsung ein oder erst nach mehr als 5 Sekunden nach Erhalt der Zwangsbremsung, dann kann sich der Bremsweg erheblich verlängern. Eine mögliche Gefährdung ist daher nicht auszuschließen.

Tabelle 12: Fehlertabelle PZB-Fahrten.

Nr.	Sollverhalten	Schwere des Fehlers = 1	Schwere des Fehlers = 2	Schwere des Fehlers = 3 (sicherheitsrelevant)
1	Zugdateneingabe	-nicht besetzt-	Zugdateneingabe weicht von den korrekten Daten in folgender Weise ab: Zu geringe Bremshunderstel UND/ODER zu hohe ZL UND/ODER zu geringe Zughöchstgeschwindigkeit UND/ODER falsche Bremsart	Zugdateneingabe weicht von den korrekten Daten in folgender Weise ab: Zu hohe Bremshunderstel UND/ODER zu geringe ZL UND/ODER zu hohe Zughöchstgeschwindigkeit.
2	Bremsprobe	Tf unterlässt die Bedienung des Angleichers ODER Die Druckabsenkung ist größer als 0.8 bar.	Tf unterlässt die Überprüfung der Nachspeisung.	Tf führt keine Bremsprobe durch.
3	Fahrplangeschwindigkeit gefahren ODER Geschwindigkeit im anschl. Weichenbereich eingehalten ODER bis zum Erkennen der Stellung des Hauptsignals 40 km/h gefahren	zu hoch: Tf fährt bis zu 5 km/h schneller als angegeben, verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich aber nach spätestens 3 s.	Tf fährt bis zu 5 km/h schneller als angegeben, verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich aber nach spätestens 10 s.	Tf fährt bis zu 5 km/h schneller als angegeben und verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich auch nach 10 s nicht ODER Tf fährt mehr als 5 km/h zu schnell.
		zu niedrig: Tf bleibt im gesamten Fahrtabschnitt 20 km/h unterhalb der angegebenen Geschwindigkeit.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
4	Geschwindigkeit Fahren auf Sicht eingehalten (keine Toleranzwerte)	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf fährt schneller als 40 km/h bzw. 15 km/h (bei schlechter Sicht).
5	Halt an Signal korrekt ausgeführt	Tf hält so weit vor dem Signal an, dass er die Signalbezeichnung nicht erkennen kann.	-nicht besetzt-	Tf hält nicht, sondern fährt über das Signal hinaus.
6	Sprechwunsch angemeldet	Tf lässt mehr als 60 s nach dem Halt verstreichen, bevor er sich beim zuständigen Fdl meldet.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
7	Standort an Fdl durchgegeben	Tf kann den Standort des Zuges nicht oder nicht korrekt benennen.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
8	Schriftlichen Befehl angefordert	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf fährt ohne schriftlichen Befehl weiter.
9	Keinen schriftlichen Befehl angefordert	Tf fordert einen schriftlichen Befehl ein.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
10	Kommunikationsschema eingehalten	-nicht besetzt-	Tf hält Kommunikationsschema nicht ein: z.B. Tf unterbricht während der Befehlsübermittlung den Fdl und beginnt eigenmächtig mit der Befehlswiederholung ODER Tf verlangt nach der Uhrzeit der Befehlsübermittlung noch vor der Befehlswiederholung.	-nicht besetzt-

Nr.	Sollverhalten	Schwere des Fehlers = 1	Schwere des Fehlers = 2	Schwere des Fehlers = 3 (sicherheitsrelevant)
11	Deutlich gesprochen und Sprechdisziplin eingehalten	Tf spricht undeutlich bzw. mit mangelnder Sprechdisziplin (z.B. mit starkem Dialekt, zu schnell, zu leise, ohne Angabe der eigenen Funktion).	Tf kommt der Aufforderung, deutlicher zu sprechen bzw. die Sprechdisziplin zu wahren, nicht nach.	-nicht besetzt-
12	Erste Befehlswiederholung korrekt	Tf wiederholt den schriftlichen Befehl mindestens ein Mal nicht richtig.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
13	PZB-Befehlstaste bedient	Tf bedient die PZB-Befehlstaste zu kurz, zu früh oder zu spät.	Tf bedient die PZB-Befehlstaste gar nicht.	-nicht besetzt-
14	400 m-Regelung eingehalten	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf hält die 400 m-Regel nicht ein und beschleunigt zu früh hoch.
15	Zwangsbremsung unterstützt	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf leitet keine Schnellbremsung ein ODER später als 5 s nach Erhalt der Zwangsbremsung.
16	Sanden	Tf sandet, aber später als 5 s nach Erhalt der Zwangsbremsung.	Tf sandet nicht.	-nicht besetzt-
17	Halt am Bahnübergang korrekt ausgeführt	-nicht besetzt-	Tf hält zu weit vor dem Bü an.	Tf hält am Bahnübergang nicht an.
18	Zp1 zur Sicherung des Bahnübergangs	Tf bedient Makrofon zu kurz (unter den vorgeschriebenen 3 s)	-nicht besetzt-	Tf gibt kein Zp1am Bahnübergang
19	Verkehr am Bahnübergang beobachtet	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf beobachtet ganz offensichtlich nicht den Verkehr (sieht stattdessen in den Fahrplan, hebt etwas auf, verfolgt die Anzeigegeräte etc.)
20	Schrittgeschwindigkeit einhalten (ohne Toleranzwerte)	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf überschreitet eine Geschwindigkeit von 7 km/h
21	Bahnübergang zügig räumen	Tf fährt unverändert mit nicht mehr als 7 km/h bis zum Ende des Bahnübergangs	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
22	Notruf absetzen	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf setzt keinen Notruf ab ODER Tf setzt den Notruf erst 10 s nach Passieren des Hindernisses ab.
23	Nothalteauftrag mit korrektem Wortlaut übermittelt	Wortlaut weicht von den Vorschriften ab, enthält jedoch die maßgeblichen drei Informationen: Betriebsgefahr, von...bis? Wer meldet?	-nicht besetzt-	Tf übermittelt keinen Nothalteauftrag ODER Der Nothalteauftrag enthält nicht die maßgeblichen Informationen: Betriebsgefahr, von…bis? Wer meldet?
24	Entgegennahme des Abfahrauftrages	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf fährt ohne Abfahrauftrag ab.
25	Information an Zugbegleitpersonal	Tf informiert das Zugbegleitpersonal nicht.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-

Nr.	Sollverhalten	Schwere des Fehlers = 1	Schwere des Fehlers = 2	Schwere des Fehlers = 3 (sicherheitsrelevant)
26	Korrekte Bedienung der Zugsicherung	Tf bedient die PZB zu spät, zu früh oder zu kurz.	Tf befreit sich unberechtigt aus der restriktiven Geschwindigkeitsüberwachung ODER Tf vergisst die PZB zu bedienen.	Tf befreit sich aus einer PZB-Zwangsbremsung und setzt die Fahrt fort.
27	Schriftliche Befehle richtig ausgefüllt	-nicht besetzt-	Tf füllt den Befehlsvordruck nicht richtig aus.	-nicht besetzt-
28	Schriftliche Befehle richtig behandelt	Tf legt den abgearbeiteten schriftlichen Befehl nicht beiseite.	Tf kreuzt den abgearbeiteten schriftlichen Befehl nicht aus.	-nicht besetzt-
29	Streckenbeobachtung durchgeführt	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf beobachtet ganz offensichtlich über längere Zeit hinweg nicht die Strecke (sieht stattdessen in den Fahrplan, hebt etwas auf, verfolgt die Anzeigegeräte etc.)
30	Signalstellungen beachtet	-nicht besetzt-	Tf beachtet die Signalstellung nicht (erhält in der Folge möglicherweise eine Zwangsbremsung).	-nicht besetzt-

Fehlertabelle LZB-Fahrten

Tabelle 13 stellt die Fehlertabelle für die LZB-Fahrten vor. Bezogen auf alle bisher durchgeführten Überwachungsfahrten gibt es insgesamt 35 verschiedene Sollverhaltensweisen, denen jeder Tf folgen muss. Neben den zu den PZB-Fahrten vergleichbaren Sollverhaltensweisen kommen noch einige spezifisch auf die LZB-Fahrt bezogene hinzu (z.B. „LZB-Hauptschalter ausschalten bzw. nach 20 s einschalten“).

Tabelle 13: Fehlertabelle LZB-Fahrten.

Nr.	Sollverhalten	Schwere des Fehlers = 1	Schwere des Fehlers = 2	Schwere des Fehlers = 3 (sicherheitsrelevant)
1	Fahrplangeschwindigkeit gefahren ODER Geschwindigkeit im anschl. Weichenbereich eingehalten ODER bis zum Erkennen der Stellung des Hauptsignals 40 km/h gefahren	zu hoch: Tf fährt bis zu 5 km/h schneller als angegeben, verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich aber nach spätestens 3 s.	Tf fährt bis zu 5 km/h schneller als angegeben, verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich aber nach spätestens 10 s.	Tf fährt bis zu 5 km/h schneller als angegeben und verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich auch nach 10 s nicht ODER Tf fährt mehr als 5 km/h zu schnell.
		zu niedrig: Tf bleibt im gesamten Fahrtabschnitt 20 km/h unterhalb der angegebenen Geschwindigkeit.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
2	Halt an Esig korrekt ausgeführt ODER Halt an Asig korrekt ausgeführt	Tf hält so weit vor dem Signal an, dass er die Signalbezeichnung nicht erkennen kann.	-nicht besetzt-	Tf hält nicht, sondern fährt über das Signal hinaus.
3	Sprechwunsch angemeldet	Tf lässt mehr als 60 s nach dem Halt verstreichen, bevor er sich beim zuständigen Fdl meldet.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
4	Standort an Fdl durchgegeben	Tf kann den Standort des Zuges nicht oder nicht korrekt benennen.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
5	Kommunikationsschema eingehalten	-nicht besetzt-	Tf hält Kommunikationsschema nicht ein: z.B. Tf unterbricht während der Befehlsübermittlung den Fdl und beginnt eigenmächtig mit der Befehlswiederholung ODER Tf verlangt nach der Uhrzeit der Befehlsübermittlung noch vor der Befehlswiederholung.	-nicht besetzt-
6	deutlich gesprochen und Sprechdisziplin	Tf spricht undeutlich bzw. mit mangelnder Sprechdisziplin (z.B. mit starkem Dialekt, zu schnell, zu leise, ohne Angabe der eigenen Funktion etc.).	Tf kommt der Aufforderung, deutlicher zu sprechen bzw. die Sprechdisziplin zu wahren, nicht nach.	-nicht besetzt-
7	erste Befehlswiederholung korrekt	Tf wiederholt den schriftlichen Befehl mindestens ein Mal nicht richtig.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
8	PZB-Befehlstaste bedient	Tf bedient die PZB-Befehlstaste zu kurz, zu früh oder zu spät.	Tf bedient die PZB-Befehlstaste gar nicht.	-nicht besetzt-
9	Geschwindigkeit Fahren auf Sicht eingehalten (keine Toleranzwerte)	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf fährt schneller als 40 km/h bzw. 15 km/h.
10	400 m-Regelung eingehalten	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf hält die 400 m-Regel nicht ein und beschleunigt zu früh hoch.

Nr.	Sollverhalten	Schwere des Fehlers = 1	Schwere des Fehlers = 2	Schwere des Fehlers = 3 (sicherheitsrelevant)
11	Zwangsbremsung unterstützt	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf leitet keine Schnellbremsung ein ODER später als 5 s nach Erhalt der Zwangsbremsung.
12	Sanden	Tf sandet, aber später als 5 s nach Erhalt der Zwangsbremsung.	Tf sandet nicht.	-nicht besetzt-
13	schriftlichen Befehl angefordert	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf fährt ohne schriftlichen Befehl weiter.
14	keinen schriftlichen Befehl angefordert	Tf fordert einen schriftlichen Befehl ein.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
15	Halt am Bahnübergang korrekt	-nicht besetzt-	Tf hält zu weit vor dem Bahnübergang an.	Tf hält am Bahnübergang nicht an.
16	Freitaste bedient	Tf bedient die Freitaste zu spät oder gar nicht.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
17	2000 m-Regelung eingehalten	Tf fährt deutlich länger als nötig die Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
18	Zug mit Betriebsbremsung anhalten	Tf hält den Zug mit einer Schnellbremsung an.	-nicht besetzt-	Tf hält den Zug nicht an.
19	Angabe, ob noch LZB-geführt	-nicht besetzt-	Tf macht keine Angabe, ob er noch LZB-geführt ist.	Tf kann keine Angaben machen, ob er noch LZB- geführt ist ODER Tf teilt dem Fdl die LZB- Führung mit, obwohl er nicht mehr LZB- geführt ist.
20	LZB-Halt korrekt ausgeführt	Tf hält so weit vor dem Signal, dass Tf die Signalbezeichnung nicht erkennen kann.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
21	PZB/LZB-Befehlstaste bedient bis LM "Befehl 40" Dauerlicht zeigt, vSoll=40 ODER PZB/LZB-Befehlstaste bedient bis LM "S" und LM "H" erlöschen	Tf benötigt einen oder mehrere Versuche bis er die Befehlstaste richtig bedient.	Tf kann die Befehlstaste nicht ohne Hilfe korrekt bedienen.	-nicht besetzt-
22	Fahrzeug-Hauptschalter aus bzw. ein	Tf schaltet das Fahrzeug nicht mit dem Fahrzeug-Hauptschalter aus bzw. ein.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-
23	Stromabnehmer gesenkt bzw. gehoben	-nicht besetzt-	Tf senkt bzw. hebt den Stromabnehmer nicht.	-nicht besetzt-
24	Richtungsschalter in geforderte Stellung gelegt	-nicht besetzt-	Tf legt den Richtungsschalter nicht in die geforderte Stellung.	-nicht besetzt-
25	LZB-Hauptschalter ausgeschaltet bzw. nach 20 s eingeschaltet	-nicht besetzt-	Tf schaltet die LZB nicht mit dem LZB-Hauptschalter aus bzw. wieder ein.	-nicht besetzt-
26	Zugdaten neu eingegeben	Tf gibt die Zugdaten nicht oder nicht korrekt ein.	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-

Nr.	Sollverhalten	Schwere des Fehlers = 1	Schwere des Fehlers = 2	Schwere des Fehlers = 3 (sicherheitsrelevant)
27	Notbremse überbrücken	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf hat die Notbremse nicht überbrückt.
28	Zugbegleitpersonal verständigen	-nicht besetzt-	Tf benutzt den falschen Wortlaut.	Tf meldet sich nicht beim Zugbegleit-personal.
29	Fdl verständigen	-nicht besetzt-	Tf hat den Fdl nicht verständigt.	-nicht besetzt-
30	Tunnel verlassen	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf hat den Tunnel nicht verlassen.
31	Weiterfahrt an Fdl melden	-nicht besetzt-	-nicht besetzt-	Tf hat die Weiterfahrt nicht an den Fdl gemeldet.
32	LZB-Endeverfahren quittiert	-nicht besetzt-	Tf quittiert das LZB-Endeverfahren nicht.	-nicht besetzt-
33	korrekte Bedienung der Zugsicherung	Tf bedient die PZB zu spät, zu früh oder zu kurz.	Tf befreit sich unberechtigt aus der restriktiven Geschwindigkeitsüberwachung ODER Tf vergisst die PZB zu bedienen.	Tf befreit sich aus einer PZB-Zwangs-bremsung und setzt die Fahrt fort.
34	schriftliche Befehle richtig ausgefüllt	-nicht besetzt-	Tf füllt den Befehlsvordruck nicht richtig aus.	-nicht besetzt-
35	schriftliche Befehle richtig behandelt	Tf legt den abgearbeiteten schriftlichen Befehl nicht beiseite.	Tf kreuzt den abgearbeiteten schriftlichen Befehl nicht aus.	-nicht besetzt-

6.4 Definition von Aufgabenanforderungen

Aufgrund der Vielzahl an Sollverhaltensweisen, verlangt eine Integration der Aufgabenanforderungen in das Datenkonzept zunächst eine Klassifizierung der Sollverhaltensweisen in sogenannte Sollverhaltensklassen. Jedes Sollverhalten soll dabei mindestens einer Sollverhaltensklasse zugeordnet werden. Eine Zuordnung zu mehreren Klassen ist erlaubt und, da einige Ereignisse mehrere Sollverhaltensweisen nach sich ziehen, auch unvermeidlich. In der Folge wurden 877 Zuordnungen zu insgesamt zwölf Sollverhaltensklassen vorgenommen:

1. **Geschwindigkeit einhalten und einregeln –** Hierunter fallen alle Sollverhaltensweisen, die mit der Einhaltung und Einregelung der Geschwindigkeit einhergehen, d.h. sowohl konkrete Aussagen über Höchstgeschwindigkeiten, generelle Aussagen über die Verringerung der Geschwindigkeit als auch die mittelbare Anweisung auf Sicht zu fahren (höchstens 40 bzw. 15 km/h bei schlechter Sicht). Eine Besonderheit stellen die Sollverhaltensweisen dar, die eine Anweisung zum Halten geben. Auch diese werden – neben der Zuordnung zur Sollverhaltensklasse „Bremsen" – der Sollverhaltensklasse „Geschwindigkeit einhalten und einregeln" zugeordnet. Ein Ereignisbeispiel ist: *Wenn Sie an einem Halt zeigenden Signal, LZB-Halt oder einem LZB-Nothalt unzulässig vorbeigefahren sind, müssen Sie sofort anhalten.* Obwohl hier eindeutig ein Bremsvorgang eingeleitet werden soll, liegt es zunächst im Ermessen des Tf, wie und wo genau er anhält. In den meisten Fällen wird er eine Betriebsbremsung einleiten, aber auch versuchen, an einer Stelle zu halten, an der er eine eindeutige Ortsangabe machen kann oder aber der Tf versucht, erst aus einer Gefahrenzone herauszufahren und dann den Zug zum Halten zu bringen. Soll dieses Haltemanöver später aus den Fahrdaten ausgelesen und bewertet werden, muss neben der Feststellung, dass ein Bremsvorgang eingeleitet wurde, auch der Geschwindigkeitsverlauf und mögliche Streckenparameter (z.B. Hektometer-Tafeln) aufgezeichnet werden. Ist in den Vorschriften ausdrücklich eine Schnell- oder Vollbremsung vorgeschrieben, entfällt die Zuordnung zur dieser SVK.
2. **Aufträge, Meldungen, Befehle erhalten und ausführen –** Hierunter fallen alle Sollverhaltensweisen, die mit Aufträgen, Meldungen und Befehlen zu tun haben. Eingeschlossen sind u.a. LZB-Aufträge.
3. **Signale und andere betriebliche Zustände erkennen –** Hierunter fallen alle Sollverhaltensweisen, die das Erkennen eines spezifischen Signals, Streckenabschnitts (z.B. Weichenbereich) oder eines betrieblichen Zustandes (LZB-Führung) voraussetzen.
4. **Signale geben –** Alle Aufforderungen, Signale für das Zugpersonal oder andere Personenkreise zu geben, sind hier zusammengefasst (z.B. Achtungssignal Zp1).
5. **Fahrzeug bedienen** – Alle Bedienhandlungen und deren vorschriftgemäße Dokumentation, die vom Tf innerhalb des Führerraumes ausgeführt werden sollen, fallen in diese Klasse. Auch das Ablesen und Erkennen von Schalterstellungen, Leuchtmeldern oder Displayoberflächen sowie einfache Berechnungen (z.B. zur Berechnung von Bremshundertsteln), werden dieser SVK zugeordnet. Ausgenommen sind Handlungen zur Regulierung der Geschwindigkeit (siehe SVK 1), Bremshandlungen (siehe SVK 8) sowie Signalisierungen nach SVK 4. Hingegen sind Bedienhandlungen, die zum Führen eines Zuges im Regelbetrieb notwendig sind (z.B. Sifa-Bedienung) eingeschlossen.
6. **Kommunizieren –** Das Verhalten zur Verständigung mit anderen Personenkreisen fällt in diese Sollverhaltensklasse (z.B. Verständigung des Fdl über eine Zwangsbremsung). Explizite Bedienhandlungen an Kommunikationsanlagen fällt in SVK 5. Ausgenommen ist die Kommunikation über Aufträge, Meldungen oder Befehle (siehe SVK 2).
7. **An einem Ort halten –** Alle Sollverhaltensweisen, die neben der Aufforderung des Haltens noch genaue Ortsangaben machen, sind in dieser SVK zusammengefasst (z.B. bei einer Bü-Sicherung vor dem Bü anhalten).

8. **Bremsen –** Alle Bremsvorgänge sowie Bedienungshandlungen, die unmittelbar mit den Bremseinrichtungen zu tun haben (z.B. Bremsproben, Notbremsüberbrückung), werden in dieser SVK zusammengefasst. Darunter fällt auch das Sanden, wenn es in Verbindung mit Bremshandlungen vorgeschrieben ist.
9. **Prüfen, Erkunden, Beheben –** Diese SVK umfasst in aller Regel technische Handlungen am Zug und das Erkunden von Gleisanlagen (z.B. Oberleitungsschäden). Auch das explizit vorgeschriebene Beobachten der Strecke wird dieser SVK zugeordnet (z.B. Verkehr beobachten bei der Sicherung eines Bahnübergangs ohne technische Sicherungsmöglichkeit). Abzugrenzen ist diese Sollverhaltensklasse von Bedienhandlungen im Führerraum (siehe SVK 5).
10. **Wissen –** Einige Ereignisse beinhalten lediglich betriebliches Wissen: *In den Örtlichen Richtlinien oder in einer Betra kann zugelassen sein, dass auf der freien Strecke Sperrfahrten getrennt oder einzelne Fahrzeuge abgestellt werden dürfen.* Dieses Wissen kann aber für die erfolgreiche Absolvierung einer Überwachungsfahrt von unmittelbarer Bedeutung sein. Das gilt in gleicher Weise für Ereignisse, die sich zwar an die Adresse des Fdl richten, der Tf ohne diese Kenntnisse aber den betrieblichen Ablauf nicht lückenlos nachvollziehen könnte. In diesen Fällen wird ein konkretes Sollverhalten durch den Begriff Wissen ersetzt und in dieser SVK zusammengefasst.
11. **Bei Gefahr verhalten –** In dieser SVK sind alle Sollverhaltensweisen zusammengefasst, die direkt mit einer Gefahrensituation zusammenhängen (z.B. Feuer im Zug).
12. **Fahren –** Alle Verhaltensweisen, die mit einer Fahrhandlung zu tun haben und keine bestimmte Geschwindigkeitsangabe machen, fallen in diese SVK (z.B. die Erlaubnis, die Fahrt ohne schriftlichen Befehl fortzusetzen).

Einige Beispiele für die Zuordnung des Sollverhaltens zu den zwölf Sollverhaltensklassen gibt Tabelle 14.

Tabelle 14: Beispiele für die Zuordnung des Sollverhaltens zu den zwölf Sollverhaltensklassen.

Sollverhaltensklasse / **Sollverhalten**	**Geschwindigkeit einhalten**	**Aufträge, Meldungen, Befehle erhalten u. ausführen**	**Signale u.a. betriebliche Zustände erkennen**	**Signale geben**	**Fahrzeug bedienen**	**Kommunizieren**	**An einem Ort halten**	**Bremsen**	**Prüfen, Erkunden, Beheben**	**Wissen**	**Bei Gefahr verhalten**	**Fahren**
müssen Sie dem Fahrdienstleiter melden, ob der Zug weiterfahren darf.						x						
müssen Sie beim Zurücksetzen so langsam fahren, dass Sie den Zug jederzeit anhalten können; 10 km/h dürfen Sie dabei nicht überschreiten.	x											
müssen Sie die Bremsstellungswechsel der Fahrzeuge, die nach der Unterbrechungsstelle laufen und in die Bremsstellung R + Mg eingestellt sind, in die Bremsstellung R umstellen. Die Betriebszentrale entscheidet, ob und wo das schadhafte Fahrzeug auszusetzen ist.					x			x		x		

In enger Zusammenarbeit mit dem Psychologischen Dienst der Deutschen Bahn AG wurden folgende an das Aufgabenfeld des Tf angepasste Anforderungen zusammengestellt:

1. **Aufmerksamkeit:** Ständige Beobachtung von Strecke und Fahrzeug (so genanntes Monitoring) und situative Aufmerksamkeit.
2. **Situationsbewusstsein:** Generelles Verständnis der Situation und aktueller Zustände. Auch die Fähigkeit zum Vorausdenken im Sinne einer allgemeinen Problemsensitivität fällt unter diesen Punkt.
3. **Formale Operationen:** Einige Aufgaben des Tf setzen Rechenoperationen voraus. Diese Anforderung fällt unter diesen Punkt.
4. **Reaktionsschnelligkeit:** Schnelles Ausführen von Bedienhandlungen.
5. **Fahrzeugbedienung:** Beherrschung aller Bedienhandlungen (auch Mehrfachtätigkeit) und raum-zeitliche Schätzfähigkeit.
6. **Regelbefolgung:** Generelles Einhalten aller in den Konzernrichtlinien festgeschriebenen Regeln.
7. **Sicherheitsorientierung:** Fähigkeit, sicherheitsorientierte Entscheidungen zu treffen und Problemlösungen anbieten zu können.
8. **Kommunikation:** Allgemeine Kommunikationsfähigkeit und bereichsübergreifende Zusammenarbeit.
9. **Kenntnisse:** Betriebliche und technische Kenntnisse sowie Streckenkenntnisse.

Die verschiedenen Anforderungen an den ausführenden Tf sollen als körperliche, geistige und persönliche Leistungsvoraussetzungen verstanden werden, die für das ordnungsgemäße Ausführen der Tätigkeit eines Tf notwendig sind. Anforderungen einer Tätigkeit ergeben sich aus dem Arbeitsauftrag und den Arbeitsbedingungen, unter denen diese zu erfüllen ist. Zu den Arbeitsbedingungen zählen die Arbeitsmittel, der Arbeitsgegenstand, die Verfahrensvorschriften sowie räumlich-zeitliche und Umgebungsbedingungen.

Die Sollverhaltensklassen können nun auf die dahinter liegenden Anforderungen hin eingeschätzt werden. Diese Zuordnung ist Tabelle 15 zu entnehmen:

Tabelle 15: Zuordnung der Anforderungen zu den Sollverhaltensklassen.

Sollverhaltensklassen / Anforderungen	Geschwindigkeit einhalten	Aufträge, Meldungen, Befehle erhalten u. ausführen	Signale u.a. betriebliche Zustände erkennen	Signale geben	Fahrzeug bedienen (inkl. dokumentieren)	Kommunizieren	An einem Ort halten	Bremsen	Prüfen, erkunden, beheben	Wissen	Bei Gefahr verhalten	Fahren
Aufmerksamkeit	x		x					x			x	x
Situationsbewusstsein	x		x	x			x	x	x		x	x
formale Operationen	x								x			
Reaktionsschnelligkeit								x			x	
Fahrzeugbedienung	x				x		x	x	x			
Regelbefolgung	x	x				x		x			x	x
Sicherheitsorientierung	x	x		x				x			x	
Kommunikation		x				x					x	
Kenntnisse	x				x					x		

6.5 Zusammenfassung und Diskussion des Datenkonzepts

Ausgangspunkt des Datenkonzepts sind die in den Konzernrichtlinien beschriebenen Ereignisse und die damit korrespondierenden Sollverhaltensweisen. Viele dieser Ereignisse beschreiben betrieblich unregelmäßige Situationen, auf die ein Tf entsprechend der Vorschriften zu reagieren hat. Diese Ereignisse entsprechen den Ereignissen, aus denen eine Überwachungsfahrt zusammengestellt wird. Somit entspricht auch das während der Überwachung zu zeigende Verhalten dem in den Konzernrichtlinien beschriebenen Sollverhalten. Bei der individuellen Bewertung dieses Sollverhaltens müssen auch die Streckenmerkmale der konkreten Überwachungsfahrt berücksichtigt werden. Um bspw. beurteilen zu können, ob ein Tf im anschließenden Weichenbereich die Geschwindigkeit eingehalten hat, ist es notwendig zu wissen, wo der Weichenbereich beginnt bzw. endet und welche Geschwindigkeit in diesem Abschnitt vorgeschrieben ist. Neben dem Verhalten in betrieblich unregelmäßigen Situationen, wird natürlich auch bewertet, ob der Tf die „regelmäßigen" Fahrtanteile ordnungsgemäß durchführt, ob er z.B. die Geschwindigkeit auf freier Strecke einhält oder das Zugsicherungssystem korrekt bedient.

Zentraler Bestandteil dieser individuellen Bewertung ist dabei die Zuordnung der Fehler zu den Sollverhaltensweisen bzw. den Sollverhaltensabweichungen und somit eine Integration von reiner Messung und Bewertung.

Bei dieser Zuordnung trat jedoch die Schwierigkeit auf, dass die Anzahl der Sollverhaltensweisen zu groß ist und eine Vielzahl – für die Überwachungsfahrt – irrelevanten Sollverhaltensweisen existiert. Auf diese Schwierigkeit reagieren die Verhaltensmarker. Die Idee dahinter ist: Wie unterschiedlich die konkreten Strecken bzw. Überwachungsfahrten auch sein mögen, zur Auswertung der Ereignisse sollen möglichst ein einheitliches Satz an Parametern verwendet werden. So benötigt man bspw. zur Bewertung des Geschwindigkeitsverhaltens die Definition über Beginn und Ende des zu überwachenden Geschwindigkeitsabschnitts und die in diesem Abschnitt erlaubte Höchstgeschwindigkeit sowie Toleranz- und Grenzwerte, die die Höhe und Dauer einer Geschwindigkeitsüberschreitung festlegen. Dieser Parametersatz erlaubt die Bewertung des Geschwindigkeitsverhaltens in jeder Situation. Es ist lediglich eine Anpassung notwendig, um die spezifischen Eckdaten der konkreten Überwachungsfahrt einzubinden.

Die Bewertung des Geschwindigkeitsverhaltens ergibt sich nun aus der Verrechnung mit der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit in diesem begrenzten Abschnitt. Die Verhaltensmarker stellen somit eine Kombination aus Sollverhalten, Sollverhaltensklassen, Fehlern und tatsächlich gezeigtem Verhalten dar. Die Einführung der Verhaltensmarker hat sich sowohl bei der Programmierung der Auswertungsroutine, als auch bei der eigentlichen Auswertung der Ergebnisse bewährt. Auch der Aufbau des Ergebnisteils (Kapitel 9) folgt der Klassifikation nach Verhaltensmarkern.

Eine weitere generelle Schwierigkeit des Datenkonzepts beruht auf der Tatsache, dass sich die Vorschriften regelmäßig verändern. Um auf aktualisierte Fassungen der Konzernrichtlinien und die immense Anzahl an veröffentlichten Weisungen reagieren zu können, müssten die Datenbanken, in denen die Vorschriften hinterlegt sind, über eine automatische Aktualisierungsfunktion verfügen. Eine solche Funktion lässt sich jedoch zum momentanen Zeitpunkt nicht realisieren. Um auf diese Einschränkung zu reagieren, sollten die Datenbanken nur mit einem Grundstock der wichtigsten Ereignisse bzw. Sollverhaltensweisen bestückt werden und nach der Zusammenstellung neuer Überwachungsfahrten mit diesen aktuellen Ereignissen aufgefüllt werden. Dieses Vorgehen fand bereits bei der Erstellung und Aktualisierung der Fehlertabellen Anwendung.

7 FORMALE UMSETZUNG DES DATENKONZEPTS

Um das Verhaltensmarkerkonzept anzuwenden, muss das allgemein gehaltene Datenkonzept für konkrete Überwachungsfahrten angepasst werden. Für die Umsetzung wurden vier Fahrten aus insgesamt sechs zur Verfügung stehenden Fahrten ausgewählt. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der eingespielten Ereignisse, der gefahrenen Strecken, der gefahrenen Baureihen und der verwendeten Zugsicherungssysteme. Die Anwendung des Verhaltensmarkersystems auf mehrere Fahrten soll zeigen, dass das Datenkonzept auch geeignet ist, die Unterschiedlichkeiten dieser vier Fahrten abbilden zu können. Nach der Beschreibung der konkreten Fahrten folgt die Beschreibung der formalen Umsetzung des Datenkonzepts, ausgehend von den Rohdaten über die fahrtspezifische Auswertung der Rohdaten bis hin zur Zusammenführung der individuellen Ergebnisse in einen Simulatorbericht.

7.1 Beschreibung der konkreten Fahrten

7.1.1 Fahrt 1

Strecke: Hagen – Südendorf – Wangen – Haag – Allaching

Zugsicherungssystem: PZB / Unternehmensbereiche[4]: Personenverkehr / Cargo

Durchgeführt an den Simulatorbaureihen: BR143 / BR423 / BR401 / BR403

Die Übernahme der Fahrt erfolgt im Bahnhof (Bf) Hagen mit direkt anschließender Fahrt auf dem Gegengleis auf Zs 6 (Gleiswechselanzeiger am Ausfahrsignal des Bf Hagen). Die Stellung Hp 2 des Einfahrsignals des Bf Südendorf führt zu einer Langsamfahrt im Bf Südendorf mit Beachtung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich. Im Bf Südendorf erfolgt zusätzlich die Überleitung ins Regelgleis. Nach der Fahrt auf freier Strecke zeigt das Einfahrsignal des Bf Wangen Hp0 und Zs 7. Der Tf muss das Signal mit der PZB-Befehlstaste bedienen und im nächsten Abschnitt unter Beachtung der 400m-Regelung auf Sicht fahren.[5] Nach der Weiterfahrt und der Einfahrt in den Bf Haag erhält der Zug aufgrund einer Störung des 2000 Hz-Magnets eine PZB-Zwangsbremsung an einem Lichtsperrsignal. Nach der Unterstützung der Zwangsbremsung durch Schnellbremsung und Sanden und einer Meldung des Tf an den zuständigen Fahrdienstleiter erfolgt eine schriftliche Befehlsübermittlung (Befehl 2 zur Weiterfahrt). Die Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich ist zu beachten. Nach der Weiterfahrt Richtung Allaching erhält der Zug an dem ersten von drei Bahnübergängen eine PZB-Zwangsbremsung am Bü, die wiederum zu unterstützen ist. Nach einer Meldung bei der Fahrdienstleitung muss der Zug an den folgenden Bahnübergängen eine Bü-Sicherung durchführen. Die Fahrt endet schließlich im Bf Allaching, das Ausfahrsignal in Allaching zeigt Hp0.

7.1.2 Fahrt 3

Strecke: Neusteedt – Hagen – Südendorf – Wangen – Haag – Allaching

Zugsicherungssystem: PZB / Unternehmensbereiche: Personenverkehr / Cargo

Durchgeführt an den Simulatorbaureihen: BR143 / BR423

Die Fahrt beginnt mit einer Langsamfahrt im Bf Neusteedt und der Ausfahrt aus Neusteedt auf Zs 1 (Ersatzsignal). Der Tf muss das Signal mit der PZB-Befehlstaste bedienen und die Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich einhalten. Nach der Weiterfahrt auf freier Strecke folgt die Vorbeifahrt am haltzeigenden Einfahrsignal des Bf Hagen. Nach dem Halt vor

[4] Für jeden Unternehmensbereich sind unterschiedliche Buchfahrpläne vorgesehen.
[5] Der Unternehmensbereich Personenverkehr hat im Bf Wangen einen planmäßigen Halt.

dem Signal und der Meldung des Tf an die zuständige Fahrdienstleitung erfolgt eine schriftliche Befehlsübermittlung. Im Bf Hagen erfolgt die Überleitung ins Gegengleis unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich des Bf Hagen. Bei der Ausfahrt aus dem Bf Südendorf erhält der Zug eine PZB-Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung. Nach der Unterstützung der Zwangsbremsung durch Schnellbremsung und Sanden und einer Meldung des Tf an den zuständigen Fahrdienstleiter erfolgt eine schriftliche Befehlsübermittlung. Unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich des Bf Südendorf setzt der Zug die Fahrt fort. Im Bf Haag findet die Überleitung ins Regelgleis bei gleichzeitiger Langsamfahrt statt (sowohl das Einfahr- als auch das Ausfahrsignal zeigen Hp2). Die Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich des Bf Haag ist einzuhalten. Zwischen Haag und Allaching befindet sich ein Hindernis im Gegengleis. Der Tf muss eine Schnellbremsung einleiten, sanden und einen Notruf absetzen. Die Fahrt endet, nachdem der Zug zum Stehen gekommen und der Notruf getätigt ist.

7.1.3 Fahrt 5

Strecke: Pasing – Lochhausen – Olching – Maisach – Nannhofen –Haspelmoor

Zugsicherungssystem: LZB / Unternehmensbereiche: Personenverkehr / Cargo

Durchgeführt an den Simulatorbaureihen: BR401 / BR403

Die Fahrt beginnt mit einer Langsamfahrt an einem Zwischensignal im Bf Pasing unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich. Nach der Fahrt auf freier Strecke und der Übernahme der LZB-Übertragung kommt es im Bf Lochhausen zu einem LZB-Übertragungsausfall mit V-Ziel 040. Nach der ordnungsgemäßen Freitastenbedienung und der Meldung des Tf bei der Fahrdienstleitung setzt der Zug die Fahrt Richtung Olching fort. Am Einfahrsignal des Bf Olching erhält der Zug eine PZB-Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung. Nach der Unterstützung der Zwangsbremsung durch Schnellbremsung und Sanden und einer Meldung des Tf an den zuständigen Fahrdienstleiter erfolgt eine schriftliche Befehlsübermittlung. Unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich des Bf Olching fährt der Zug auf freier Strecke bis Maisach. Das Ausfahrsignal des Bf Maisach zeigt Hp0 und Zs 8. Es folgt die Bedienung der PZB-Befehlstaste während der Vorbeifahrt am haltzeigenden Hauptsignal und die Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich unter Berücksichtigung der 2000m-Regel. Nach der Überleitung in das Regelgleis im Bf Nannhofen und der Ausfahrt auf Zs 3 (8) unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich fährt der Zug bis zum Halt vor dem Signal Sbk57 (zeigt Hp0). Es folgt eine schriftliche Befehlsübermittlung mit anschließendem Fahren auf Sicht unter Beachtung der 400m-Regelung trotz des Erhalts der Führungsgrößen. Die Fahrt endet schließlich mit einem LZB-Halt am Ausfahrsignal des Bf Haspelmoor.

7.1.4 Fahrt 6

Strecke: Kassel-Wilhelmshöhe – Körle-Ost – Üst Kaiserau – Üst Wildsberg – Licherode

Zugsicherungssystem: LZB / Unternehmensbereiche: Personenverkehr / Cargo

Durchgeführt an den Simulatorbaureihen: BR401 / BR403

Die Fahrt beginnt in Kassel-Wilhelmshöhe mit Zs 3 unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich. Noch im Bahnhof erhält der Zug an einem Lichtsperrsignal eine PZB-Zwangsbremsung. Nach der Unterstützung der Zwangsbremsung durch Schnellbremsung und Sanden und einer Meldung des Tf an den zuständigen Fahrdienstleiter erfolgt eine schriftliche Befehlsübermittlung des Befehls 2. Unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich des Bf Kassel-Wilhelmshöhe fährt der Zug auf freier Strecke bis Körle-Ost. Nach dem Erhalt eines LZB-Vorsichtauftrags folgt die Bedienung der Freitaste am Einfahrsignal des Bf Körle-Ost und die Einhaltung der Geschwindigkeit während des Fahrens auf Sicht unter Berücksichtigung der 400m-Regelung. Im Bf Körle-Ost kommt es in der Folge zu

einem LZB-Übertragungsausfall mit V-Ziel 040. Nach der ordnungsgemäßen Freitastenbedienung, der Einleitung einer Betriebsbremsung und der Meldung des Tf bei der Fahrdienstleitung erfolgt die schriftliche Befehlsübermittlung des Befehls 10. Nach der Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich von höchstens 40 km/h auf den folgenden 2 000 Metern kommt es zu einer Vorbeifahrt am haltzeigenden Signal mit Zs 1 an einem Blocksignal unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich der Überleitstelle Kaiserau. Der Zug fährt weiter in Richtung Überleitstelle Wildsberg und passiert ein Blocksignal mit Zs 3 (10) unter Einhaltung der Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich. In der Überleitstelle Wildsberg erfolgt die Überleitung ins Gegengleis. Die Fahrt endet im Bf Licherode, dessen Ausfahrsignal LZB-Halt zeigt.

7.2 Formale Umsetzung des Datenkonzepts

Die Leistungsbeurteilung des Tf während der Überwachungsfahrt wird nicht nur durch Beobachtungen des Instruktors, sondern auch anhand objektiver Fahr- und Verhaltensparameter vorgenommen. Hierfür wird auf der Grundlage der aufgezeichneten Rohdaten des Simulators eine detaillierte Auswertung der Überwachungsfahrt erstellt und in einen Simulatorbericht zusammengeführt. Im Folgenden soll zunächst die Datenstruktur der Rohdaten erläutert werden. Anschließend wird der Aufbau des Simulatorberichts vorgestellt. Die letztendliche Auswertung erfolgt anhand der Verhaltensmarker. Auch auf potentielle Schwierigkeiten bei der Auswertung im Zusammenhang mit der Art der Datenaufzeichnung wird eingegangen.

7.2.1 Rohdatenstruktur unterschiedlicher Simulatoren

Durch die Datenschnittstellen können die durch die Simulation generierten Daten aufgezeichnet werden. Jede Überwachungsfahrt erzeugt mehrere Dateien, deren Anzahl und Inhalt sich zwischen den Simulatorbaureihen unterscheiden. Die wichtigsten Daten für die Auswertung sind in den Fahrparametern des Eigenzuges hinterlegt (Tabelle 16). Die Datenaufzeichnung dieser Fahrparameter erfolgt mit 30 Hertz.

Tabelle 16: Darstellung der aufgezeichneten Variablen der Datei „fahrparameter.csv".

Variable	Bedeutung	Einheit
sessiontime	Vergangene Zeit seit Übungsbeginn	s
v	Geschwindigkeit des Eigenzuges	m/s
a	Beschleunigung des Eigenzuges	m/s²
trackId	Track Id des Eigenzuges	Nr.
direction	gefahrene Richtung auf dem Track	[+1/-1]
waylength	Position auf dem Track	m
pitch	Steigung/Gefälle	rad
roll	Neigung um die Längsachse (Überhöhung, Kippen)	rad
r	Krümmung des Tracks (Kurve)	rad

Neben den Fahrparametern zeichnet der Simulator noch die Stellung und den Status der Bedien- und Anzeigeelemente in der Führerkabine auf sowie die passierten Streckenelemente und die Signalzustände aller schaltbaren Signale. Über einen einheitlichen Zeitschrieb lassen sich diese diskreten Informationen den Fahrparametern zuordnen. Somit lassen sich alle relevanten Variablen in eine Gesamttabelle integrieren. Einen Überblick über die insgesamt 72 Variablen dieser Gesamttabelle gibt *Tabelle 41* im Anhang.

Die Daten der Gesamttabelle wurden mit Hilfe einer Auswertungsroutine verarbeitet. In dieser Routine werden auch die Form, die Struktur und die Inhalte des Simulatorberichts definiert. Eine

detaillierte Darstellung der Auswertungsroutine würde an dieser Stelle zu weit führen. Um dennoch dem Gebot der Nachvollziehbarkeit Rechnung zu tragen, findet sich eine formale Beschreibung im Anhang (Abschnitt 13.2). Nicht verzichtet werden soll allerdings an dieser Stelle auf eine Darstellung des Simulatorberichts.

7.2.2 Darstellung des Simulatorberichts

Zu Beginn der Auswertung werden einige allgemeine Informationen zur Überwachungsfahrt aus der Gesamtdatentabelle extrahiert. Diese Angaben dienen dem Instruktor und dem Tf zur Kontrolle, ob die Fahrt mit den korrekten Zugeinstellungen absolviert wurde. Abbildung 17 zeigt den entsprechenden Abschnitt des Berichts.

Datum: 29.09.2005 - Uhrzeit: 15:11:25 Uhr
Baureihe: 423 - max. Geschw. des Zuges: 140 km/h
Zugkonfiguration: Vollzug - Zuglänge: 140 m
Bremsart: 9 - Bremshundertstel: 140
Fahrtlänge: ca. 40 min

Abbildung 17: Abschnitt des Simulatorberichts mit den allgemeinen Informationen zur Fahrt.

Anschließend wird über eine graphische Darstellung ein Überblick über den Fahrtverlauf gegeben (Abbildung 18). Der Instruktor kann gemeinsam mit dem Tf anhand dieser Abbildung die einzelnen Ereignisse während der Fahrt rekapitulieren.

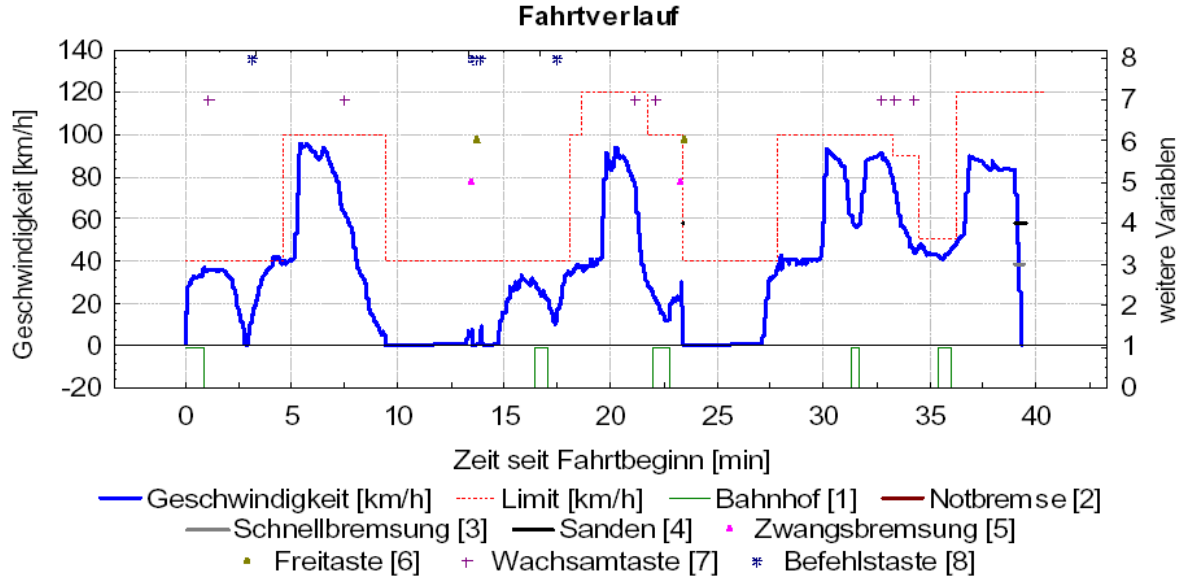


Abbildung 18: Abschnitt des Simulatorberichts mit der graphischen Darstellung des Fahrtverlaufs.

Aus dem graphischen Fahrtverlauf lassen sich nicht nur die Ereignisse während der Fahrt darstellen, sondern auch das korrekte oder inkorrekte Verhalten des Tf ablesen. Auf einen Blick wird erkannt, ob der Tf eine Zwangsbremsung sowohl durch eine Schnellbremsung unterstützt als auch gesandet hat. Auch Geschwindigkeitsüberschreitungen sind deutlich zu erkennen, da dann der Geschwindigkeitsverlauf über dem Geschwindigkeitslimit liegt.

Diesem graphischen Überblick schließt sich die tabellarische Betrachtung des Geschwindigkeits-, Brems- und Kommunikationsverhaltens an.

Für jeden Geschwindigkeitsabschnitt der Überwachungsfahrt werden der Anfangs- und Endpunkt auf der Strecke sowie die dort gültige Höchstgeschwindigkeit angegeben (vgl. Abbildung 19). Weiterhin wird die vom Tf in diesem Fahrtabschnitt maximal gefahrene Geschwindigkeit, die mittlere Geschwindigkeit und die Dauer einer Geschwindigkeitsüberschreitung angeführt. Die jeweils zulässige Höchstgeschwindigkeit ergibt sich entweder aus dem Buchfahrplan, aus Signal-

stellungen, aus Regelungen der Konzernrichtlinien (z.B. zur Höchstgeschwindigkeit im Weichenbereich), aus Weisungen des Unternehmensbereichs oder aus schriftlichen Befehlen.

	Geschwindigkeitsverhalten			
	1 Situation	2 Vmax	3 dtÜber	4 Vmean
1	Bf Neusteedt - WB Bf Neusteedt (40km/h)	42.5 km/h	18.9 s	31.9 km/h
2	WB Bf Neusteedt - Esig Hagen (100km/h)	96.7 km/h	0 s	63.2 km/h
3	Esig Hagen - WB Bf Hagen (40km/h)	35.9 km/h	0 s	25.6 km/h
4	km 336.7 - km 333.4 (120km/h)	94.2 km/h	0 s	64.2 km/h
5	Asig Südendorf - WB Bf Südendorf (40km/h)	37.4 km/h	0 s	29.2 km/h
6	WB Bf Südendorf - km 326.4 (100km/h)	93.7 km/h	0 s	65.2 km/h
7	Esig Haag - Asig Haag (50km/h)	48.8 km/h	0 s	44.9 km/h
8	Asig Haag - Notruf (120km/h)	90.7 km/h	0 s	80.1 km/h

Abbildung 19: Abschnitt des Simulatorberichts mit der tabellarischen Übersicht über das Geschwindigkeitsverhalten.

Das Bremsverhalten wird ereignisbezogen angegeben (vgl. Abbildung 20). Das bedeutet, dass für die im Drehbuch vorgesehene Ereignisse, in denen eine Zwangsbremsung während der Fahrt erfolgt, dargestellt wird, ob der Tf diese korrekt mit Hilfe einer Schnellbremsung unterstützt und auch gesandet hat. Weiterhin wird festgehalten, wie lange der Tf für die Unterstützung der Zwangsbremsung benötigt hat. Erfolgt eine Zwangsbremsung automatisch an einem vorher festgelegten Streckenpunkt, wie bspw. einem gestörten Signal, dann wird die Reaktionszeit in Sekunden angegeben. Im Falle einer Schnellbremsung, die ohne vorherige Zwangsbremsung erfolgt, wie bspw. bei einem Notruf aufgrund eines Hindernisses auf dem Gegengleis, wird die Reaktionsdauer in Metern bis zum Hindernis angegeben. Zusätzlich erfolgt eine relative Einordnung der Reaktionsdauer im Vergleich zu allen getesteten Tf. Der entsprechende Prozentwert gibt an, wie viele Prozent aller Tf schneller reagiert haben als der soeben gefahrene Tf.

	Bremsverhalten			
	1 Situation	2 Handlung	3 dtRkt	4 Pr
1	Zb Hp1	SB: nein		
2		Sanden: ja	3 s	70 %
3	Notruf	SB: ja	134.1 m	30 %
4		Sanden: ja	117.1 m	40 %

Abbildung 20: Abschnitt des Simulatorberichts mit der tabellarischen Übersicht über das Bremsverhalten.

Für alle Situationen, in denen der Tf mit dem Fahrdienstleiter kommunizieren muss, um z.B. Befehle zu übermitteln, werden die Dauer der Kommunikation (in Minuten) und die Zeit bis zum Aufbau der Funkverbindung angegeben (in Sekunden bzw. in Metern; vgl. Abbildung 21).

	Kommunikation		
	1 Situation	2 dtKomm	3 dtVerb
1	Esig Hagen	3 min	17.7 s
2	Zb Hp1	3 min	14.5 s
3	Notruf	1.2 min	-45.1 m

Abbildung 21: Abschnitt des Simulatorberichts mit der tabellarischen Übersicht über das Kommunikationsverhalten.

Zum Abschluss des Simulatorberichts wird eine Fehlerübersicht erstellt (vgl. Abbildung 22). Nach den in der Fehlertabelle notierten Kriterien werden für jede fehlerhafte Abweichung vom Sollverhalten Fehlerschweren für das Geschwindigkeits- und Bremsverhalten gegeben und aufsummiert. Auf einen Blick ist zu erkennen, ob der Tf einen sicherheitsrelevanten Mangel oder

Fehler geringerer Schwere begangen hat und wie viele dieser Fehler insgesamt während der gesamten Fahrt vorkamen. Wurde die Fahrt vollkommen fehlerlos absolviert, bleibt der entsprechende Abschnitt im Simulatorbericht leer.

Fehlerübersicht
- Geschwindigkeitsfehler
  Fehlerschwere 1 (zu langsam): 2 Mal
  Fehlerschwere 3 (zu schnell): 1 Mal
- Bremsfehler
  Fehlerschwere 3 (keine Schnellbremsung): 1 Mal

Abbildung 22: Abschnitt des Simulatorberichts mit der Fehlerübersicht.

7.2.3 Schwierigkeiten der Auswertung im Zusammenhang mit der Art der Datenaufzeichnung

Die Struktur der Daten, die über die jeweilige Simulatorschnittstelle abgegriffen werden, führten teilweise zu Schwierigkeiten in der automatisierten Auswertung. Der Grund liegt in der Tatsache, dass die Schnittstellen nicht von Anfang an für diesen Zweck konzipiert wurden, sondern von dem Simulatorhersteller nachgerüstet wurde. Einige Auswertungsprobleme und Unstimmigkeiten werden im Folgenden dargestellt.

Weichen

In der Realität besteht eine Weiche aus unterschiedlichen Bauteilen (z.B. Weichenzunge, Herzstück) und weist je nach Weichenart eine räumliche Ausdehnung unterschiedlicher Länge auf. In der Simulation hingegen wird eine Weiche als Einzelpunkt ohne räumliche Ausdehnung auf der Strecke detektiert. Unabhängig von der Fahrtrichtung wird immer der gleiche Weichenpunkt detektiert. Einer genauen Analyse der Datenaufzeichnungen zu Folge liegt dieser Punkt in der Nähe der Weichenzunge. Eine exakte Definition kann allerdings selbst der Simulatorhersteller nicht geben. Eine Darstellung der Weiche als Punkt innerhalb der Simulationsumgebung führt dazu, dass das Ende eines anschließenden Weichenbereichs nicht exakt bestimmt werden kann, wenn dieser nach Konzernrichtlinie durch eine „letzte Weiche“ definiert wird. Eine näherungsweise Bestimmung des aufgezeichneten Weichenpunkts führt dabei immer zu einer Abweichung. Diese Abweichung begünstigt jedoch in jedem Fall den Tf und führt in keinem Falle dazu, dass der anschließende Weichenbereich in der Auswertung länger ist als in Wirklichkeit.

Datenstruktur

Das Format der von den einzelnen Simulatoren aufgezeichneten Daten unterscheidet sich. Die Unterschiede betreffen die Anzahl der aufgezeichneten Dateien sowie die Anzahl an auszuwertenden Variablen, die Spaltenpositionen und Wertebereiche von Variablen. Hauptsächlicher Grund für diese Unterschiede sind die unterschiedlich aufgebauten Führerräume. So ist die Datenstruktur der BR423 mit kombiniertem Fahr-Brems-Hebel zwangsläufig anders als bei getrenntem Fahrhebel und Führerbremsventil. Dies bedingt, dass für jeden Simulator eine eigene Konfiguration zum Einlesen der aufgezeichneten Daten erstellt werden musste.

Aufgezeichnete Zeit

Die Datenschnittstelle speichert die Rohdaten in einen Ordner, der nach dem aktuellen Datum und der aktuellen Uhrzeit benannt ist. Um bspw. den Simulatordaten den jeweils passenden Protokollbogen des Instruktors zuzuordnen, ist es wichtig, dass die Zeitangabe korrekt ist. Dies war jedoch am Simulator der Baureihe BR401 in Fulda nicht der Fall. Je nachdem wie lange eine Aktualisierung der Simulatorzeit zurückliegt, ergeben sich Differenzen zur tatsächlichen Zeit von mehreren Stunden. Eine Zuordnung wurde dadurch erheblich erschwert und zum Teil unmöglich.

8 DATENERHEBUNG

Die Datenerhebung speist sich aus den bereits mehrfach erwähnten Datenquellen Protokollbogen und Simulator. Diese werden im Folgenden näher beschrieben. Zu dieser Beschreibung gehört auch die Auflistung der erhobenen abhängigen Variablen. Der Beschreibung der Datenquellen folgt eine Darstellung der Durchführung der Datenerhebung.

8.1 Datenquelle Protokollbogen

8.1.1 Aufbau des Protokollbogens

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Verhalten der Tf während der Überwachungsfahrten von den Instruktoren mit Hilfe eines detaillierten Protokollbogens erfasst. Der Protokollbogen wurde zusätzlich zum offiziellen Fahrtprotokoll erstellt und dient ausschließlich der Datenerfassung im Rahmen der vorliegenden Arbeit, d.h. er ersetzte nicht das offizielle Fahrtprotokoll und wurde aus diesem Grund zu keinem Zeitpunkt an die Dienststelle eines Tf weitergegeben.

Der Protokollbogen gliedert sich in die folgenden Abschnitte:

- Informationen zum Tf
- Vorbesprechung
- Detaillierte Informationen zur Überwachungsfahrt
- Zusammenfassende Information zur Überwachungsfahrt
- Besondere Vorkommnisse während der Überwachungsfahrt

Zunächst werden einige allgemeine Angaben zum Tf abgefragt, wie z.B. der Unternehmensbereich oder die Baureihenkenntnis.

Die Vorbesprechung findet in einem teilstandardisierten Gespräch zwischen Instruktor und Tf statt. Da die Vorbesprechung auch den Zweck einer Aufwärmphase erfüllt, scheint eine vollständig standardisierte Lösung nicht angebracht. Mit Hilfe des Protokollbogens wird festgehalten, welche Inhalte der Tf von sich aus eingebracht hat und welche der Instruktor ergänzen musste. Die Vorbesprechung wird anhand einer Streckenübersicht am Instruktormonitor vorgenommen, so dass der Tf zum einen die örtlichen Begebenheiten kennen lernt und zum anderen diese örtlichen Begebenheiten bei der Beantwortung der Fragen mit einbeziehen kann, z.B. bei der Frage, bis wohin sich ein bestimmter Weichenbereich erstreckt. Der Instruktor beginnt mit der Nennung des ersten Ereignisses (z.B. Fahren auf Sicht) und mit der offenen Frage „Was ist zu tun?“. Dies entspricht dem bisherigen Vorgehen in der Praxis. Er kreuzt alle richtigen Antworten an, die der Tf von sich aus nennt (z.B. höchstens 40 km/h). Werden nicht alle Sollverhaltensweisen vom Tf genannt, fragt der Instruktor gezielt nach (z.B. „Wie lange muss denn 40 km/h gefahren werden?“). Erst wenn der Tf das Verhalten bei dieser gezielten Nachfrage nicht richtig benennen kann, kreuzt der Instruktor „nein“ an (korrekte Antwort nicht von Tf genannt).

Anschließend wird die eigentliche Überwachungsfahrt im Detail dokumentiert. Der Instruktor protokolliert, ob der Tf das vorgeschriebene Sollverhalten zeigt oder nicht. Wird das Sollverhalten vom Tf nicht gezeigt, schätzt der Instruktor unter Verwendung der Fehlertabelle die Schwere des aufgetretenen Fehlers ein (1: geringer Fehler, 2: mittlerer Fehler, 3: sicherheitsrelevanter Fehler). Hinter jedem Sollverhalten im Protokollbogen ist ein Index angegeben, der mit der Nummerierung der Fehlertabelle verknüpft ist. Sollte für eine Sollverhaltensweise keine dreistufige Unterteilung der Fehlerschwere existieren, existiert auch im Protokollbogen keine

entsprechende Kategorie. Der Instruktor nimmt also für die Ermittlung der Fehlerschwere die entsprechende Fehlertabelle zur Hilfe. Um das Beurteilungsverfahren nicht zu starr zu gestalten und bspw. dem Umstand Rechnung zu tragen, dass der Tf Fehler begeht, die ausschließlich darauf zurückzuführen sind, dass keine Streckenkenntnis oder keine ausreichende Baureihenkenntnis auf der Simulatorbaureihe vorliegt, hat der Instruktor die Möglichkeit, den Fehler zwar zu protokollieren, diesen aber von der Gesamtbewertung auszuschließen. In diesen Fällen kreuzt der Instruktor das Kästchen der Spalte „nicht bewertet“ an.

Im vorliegenden Beispiel (Abbildung 23) hat der Tf die PZB-Befehlstaste am Einfahrsignal des Bf Wangen korrekt bedient (korrektes Sollverhalten: ja) und die Geschwindigkeit während des Fahrens auf Sicht eingehalten (korrektes Sollverhalten: ja).

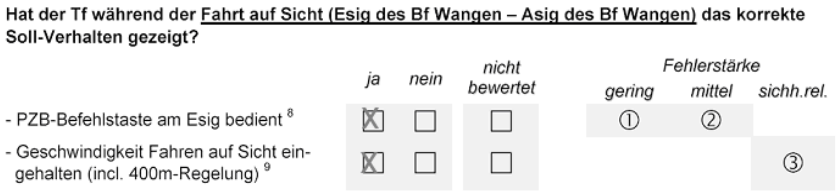


Abbildung 23: Beispielabschnitt des Protokollbogens für die Bewertung der Überwachungsfahrt: Ereignis „Fahrt auf Sicht“.

Ein weiteres Beispiel (Abbildung 24): Beim Ereignis „Befehlsübermittlung“, hat der Tf das Kommunikationsschema eingehalten (korrektes Sollverhalten: ja) und deutlich gesprochen (korrektes Sollverhalten: ja). Allerdings war erst die zweite Wiederholung des Befehles vollständig und korrekt (korrektes Sollverhalten: nein; Schwere des Fehlers: 1 – vgl. Tabelle 12, Index 7).

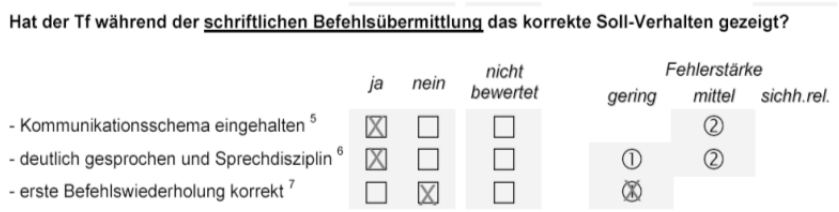


Abbildung 24: Beispielabschnitt des Protokollbogens für die Bewertung der Überwachungsfahrt: Ereignis „Befehlsübermittlung“.

Ein letztes Beispiel (Abbildung 25): Während der Fahrt auf freier Strecke ist laut Buchfahrplan eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h erlaubt. Der Tf fährt jedoch für zwei Sekunden 124 km/h. Dies ist laut Fehlertabelle ein geringer Fehler, da der Tf die Geschwindigkeit für weniger als 3 Sekunden und um weniger als 5 km/h überschreitet. Würde der Tf die vorgeschriebene Geschwindigkeit für mehr als 3 Sekunden (aber weniger als 10 Sekunden) um weniger als 5 km/h überschreiten, liegt laut Fehlertabelle ein mittlerer Fehler vor. Sicherheitsrelevant wird das Verhalten, wenn der Tf für mehr als 10 Sekunden bis zu 5 km/h zu schnell fährt oder absolut mehr als 5 km/h zu schnell fährt (in diesem Fall mehr als 125 km/h).

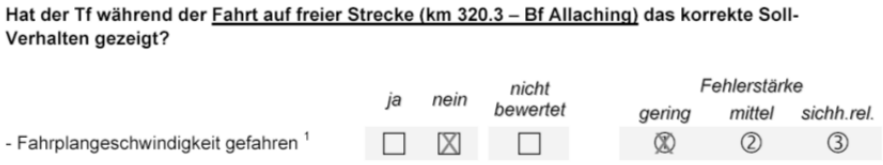


Abbildung 25: Beispielabschnitt des Protokollbogens für die Bewertung der Überwachungsfahrt: Ereignis „Fahrt auf freier Strecke“.

Am Ende des Protokollbogens findet eine zusammenfassende Betrachtung der Überwachungsfahrt statt. Hier macht der Instruktor zunächst Angaben über die korrekte Bedienung des Zugsicherungssystems. Zusätzlich wird das korrekte Ausfüllen und die korrekte Behandlung der schriftlichen Befehle dokumentiert. Anschließend schätzt der Instruktor die Aufgabenerfüllung sowie die Beanspruchung des Tf ein, und vergibt eine Gesamtnote. Die Protokollbögen der einzelnen Fahrten befinden sich im Anhang.

8.1.2 Abhängige Variablen (Protokollbogen)

Die wichtigsten im Rahmen der Überwachungsfahrten ausgewerteten Variablen des Protokollbogens sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 17: Abhängige Variablen (Protokollbogen).

Verhaltensmarker	Variable [Einheit]
Beschleunigungsverhalten	-
Geschwindigkeitsverhalten	Fahrplangeschwindigkeit gefahren [ja/nein]
	Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [ja/nein]
	Geschwindigkeit Fahren auf Sicht eingehalten [ja/nein]
Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis	Freitaste bedient [ja/nein]
Halten einer Taste	Freitaste bedient [ja/nein] PZB-Befehlstaste am Esig bedient [ja/nein]
Halt	Halt am Bü korrekt ausgeführt [ja/nein] Halt an Signal korrekt ausgeführt [ja/nein]
Anhalten	-
Bremsverhalten	Zwangsbremsung unterstützt [ja/nein] Betriebsbremsung eingeleitet [ja/nein] Sanden [ja/nein]
Kommunikationsverhalten	Sprechwunsch angemeldet [ja/nein] Standort an Fdl durchgegeben [ja/nein] Schriftlichen Befehl angefordert [ja/nein] Keinen schriftlichen Befehl angeordnet [ja/nein] Kommunikationsschema eingehalten [ja/nein] Deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [ja/nein] Erste Befehlswiederholung korrekt [ja/nein]

8.2 Datenquelle Simulator

8.2.1 Beschreibung der Simulatoren

Die vorliegende Untersuchung fand insgesamt an drei unterschiedlichen Fahrsimulatoren statt. Alle drei Simulatoren bilden eine eigenständige Baureihe ab und gehören in die Kategorie 5: Vollkabinensimulatoren mit Bewegungssystem (vgl. Abschnitt 4). Neben dem S-Bahn-Simulator (BR423) und dem E-Lok-Simulator (BR143), wurden auch Daten an einem ICE-Simulator (BR401/BR403) erhoben. Abbildung 26 zeigt die Originalfahrzeuge:

Abbildung 26: Eisenbahnfahrzeuge der Baureihe BR423 (oben links), BR143 (oben rechts) und BR401 (unten).

Die Simulatoren verfügen allesamt über einen originalgetreuen Führerraum. Anzeigegeräte und Bedieneinheiten sind in aller Regel Originalbauteile. Über ein Touchscreen lassen sich Bedienelemente außerhalb der Kabine steuern, um bspw. technische Störungen und deren Behebung zu simulieren. Das Bewegungssystem umfasst sechs Freiheitsgrade.

Die Simulatoren laufen in Echtzeit über das Betriebssystem UNIX. Über MS Windows und DOS laufen lediglich einige Displaydarstellungen und andere kleinere Anwendungen. Die Simulationsrechner sind über die Protokolle TCP/IP und UDP in ein lokales Netzwerk eingebunden. Die Simulation ist in C++ und einer herstellerspezifischen Sprache programmiert.

Ein Aufnahmesystem kann die Führerraumsicht aufzeichnen, um am Ende der Übung mit dem Tf bestimmte Situationen nachzubesprechen. Des Weiteren werden die Bedienhandlungen protokolliert und geben dem Instruktor die Möglichkeit, die Ausführung der Bedienhandlungen zu kontrollieren.

Die Sicht wird auf eine Leinwand von 2,3 m Breite und 1,75 m Höhe mit einem Sichtfeld von 58 Grad horizontal und 45 Grad vertikal projiziert. Die Auflösung beträgt 1280x1050 Pixel, die Bildfrequenz 60 Hertz. Eine Rücksicht ist nicht vorhanden. Bahnsteigszenen mit Fahrgästen werden als kleines separates Fenster in das Sichtsystem eingeblendet.

Das akustische System simuliert Geräusche der äußeren Umgebung, des äußeren (Fahren über Weichen) und inneren (Türen, Lüftung) Zuges und Geräusche, die bei Bedienhandlungen entstehen (Schnarren, Piepen). Das Zugfunksystem ist komplett umgesetzt. Die folgenden Abbildungen zeigen die Führerkabine und die Außenansicht der Simulatoren:

Abbildung 27: Führerkabine des Fahrsimulators der Baureihe BR423 (oben); Führerkabine (unten links) und Außenansicht (unten rechts) des Fahrsimulators der Baureihe BR401.

Es werden nahezu alle Subsysteme des Zuges simuliert. Dazu gehören:

- elektrische Systeme
- pneumatische/hydraulische System
- Zugsicherungssysteme (PZB, LZB, CIR-ELKE)
- Fahrdynamik
    - realistische Zugkraft- und Bremskurve
    - realistische Reibwertkoeffizienten
    - aerodynamische Kräfte (außer innerhalb eines Tunnels)
    - realistische Dynamik in Kurven, an Steigungen und bei Gefälle
    - Trägheit
- Zugkraft- und Bremssysteme
- Notbremssystem
- Sicherheitsfahrschaltung
- Öffnen und Schließen der Fahrgasttüren
- Signalsysteme
- Fahrgastinformationssystem (nur am BR423)
- Elektrifikation (inkl. Stromabnehmer und Oberleitungskontakt)
- zusätzlich: Multifunktionsanzeige, Elektronischer Buchfahrplan, GSM-R Radio

In der Simulation können intelligente Fremdzüge sowie Baustellen auf der Strecke, Hindernisse (Ladungsgut, Auto), Gegenstände in der Oberleitung und Streckenposten gesetzt werden. Straßenverkehr ist an den Bahnübergängen simuliert.

Insgesamt umfasst das *Streckennetz* eine realistische Strecke (realistische Strecke und realistische Umgebung) von 40 Kilometern; 1 300 Kilometer geo-generisch Strecken (realistische Strecke und generische Umgebung) und weitere 470 Kilometer rein generische Strecken (generische Strecke und generische Umgebung).

8.2.2 Abhängige Variablen (Simulatordaten)

Die wichtigsten im Rahmen der Überwachungsfahrten ausgewerteten Variablen sind in der folgenden Tabelle dargestellt und den unterschiedlichen Verhaltensmarkern zugeordnet.

Tabelle 18: Abhängige Variablen (Simulatordaten).

Verhaltensmarker	Variable [Einheit]
Beschleunigungsverhalten	maximale Beschleunigung [m/s²] mittlere Beschleunigung [m/s²]
Geschwindigkeitsverhalten	Höchstgeschwindigkeit [km/h] Dauer der Überschreitung [s] mittlere Geschwindigkeit [km/h]
Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis	Zeit bis Tastendruck [s]
Halten einer Taste	Dauer der Tastenbedienung [s] Korrektheit der Tastenbedienung [0/1]
Halt	Abstand bis Streckenpunkt [m]
Anhalten	Zeit bis Halt [s] Strecke bis Halt [m] Zustand Bremsventil [0/1/2]
Bremsverhalten	Zustand Schnellbremsung [0/1] Reaktionszeit [s] bzw. -weg [m] bis Schnellbremsung Zustand Sandens [0/1] Reaktionszeit [s] bzw. -weg [m] bis Sanden
Kommunikationsverhalten	Dauer der Kommunikation [s] Zeit bis Zugfunkverbindung [s] bzw. Weg bis Zugfunkverbindung [m]

8.3 Datenerhebung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Protokollbogenauswertung getrennt für die Fahrten 1, 3, 5 und 6 dargestellt. Die Datenerhebungsphase dauerte acht Monate. Insgesamt wurden 1033 Überwachungsfahrten von den Instruktoren protokolliert (siehe Tabelle 19). Die Datenerhebungsphase an den Simulatoren der Baureihen BR143, BR401 und BR423 erstreckte sich über einen Zeitraum von sechs Monaten. Insgesamt wurden 1314 Überwachungsfahrten aufgezeichnet (siehe Tabelle 19).

Von besonderem Interesse für die Auswertung sind die Daten von Überwachungsfahrten, die sowohl aufgezeichnet als auch mit protokolliert wurden (

Tabelle 20). Es wurden 503 von 1162 insgesamt aufgezeichnete Überwachungsfahrten protokolliert. Dies entspricht einer Quote von durchschnittlich 43 Prozent (min 19 %, max 68 %).

Tabelle 19: Anzahl der protokollierten und aufgezeichneten Überwachungsfahrten aufgeschlüsselt nach Baureihen.

Baureihe	Anzahl protokollierter Überwachungsfahrten TOTAL (Protokollierungszeitraum)	Anzahl aufgezeichneter Überwachungsfahrten TOTAL (Aufzeichnungszeitraum)
	Fahrt 1	
BR143	214	290
BR423	292	652
BR401	50	87
BR403	72	Keine Datenschnittstelle
	Fahrt 3	
BR143	15	14
BR423	70	96
	Fahrt 5	
BR401	28	52
BR403	5	Keine Datenschnittstelle
	Fahrt 6	
BR401	151	123
BR403	136	Keine Datenschnittstelle

Tabelle 20: Protokollierungsquoten durchgeführter Überwachungsfahrten aufgeschlüsselt nach Baureihen.

Baureihe	Anzahl protokollierter Überwachungsfahrten im Aufzeichnungszeitraum	Anzahl aufgezeichneter Überwachungsfahrten im Protokollierungszeitraum	Protokollierungsquote
	Fahrt 1		
BR143	147	289	0.51
BR423	202	531	0.38
BR401	36	87	0.41
BR403	Keine Datenschnittstelle		
	Fahrt 3		
BR143	8	14	0.57
BR423	45	66	0.68
	Fahrt 5		
BR401	10	52	0.19
BR403	Keine Datenschnittstelle		
	Fahrt 6		
BR401	55	123	0.45
BR403	Keine Datenschnittstelle		

8.3.1 Durchführung der Protokollierung

Aus Abbildung 28 lässt sich entnehmen, dass die meisten der 1033 ausgefüllten Protokollbögen auf die Fahrt 1 (etwa 54 %) und die Fahrt 6 (etwa 28 %) entfallen.

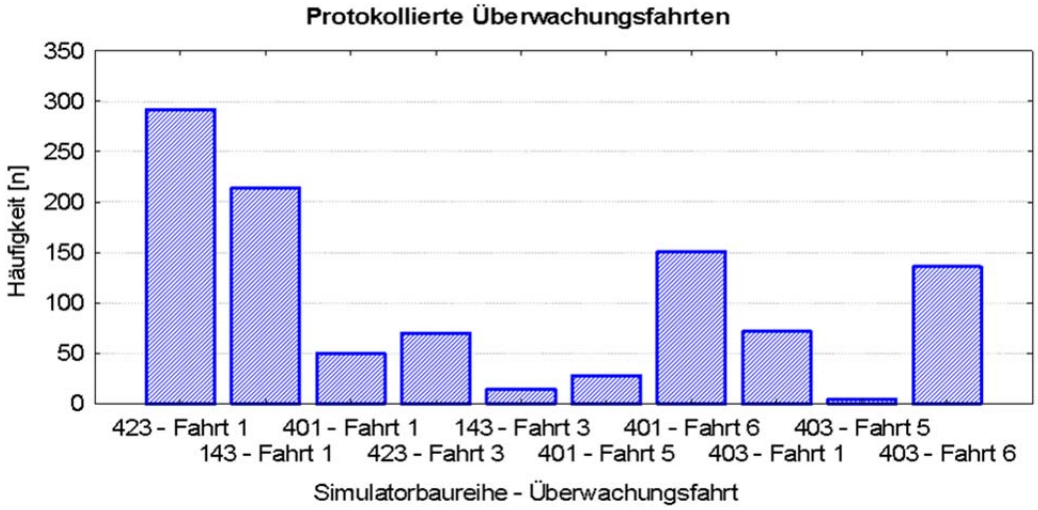
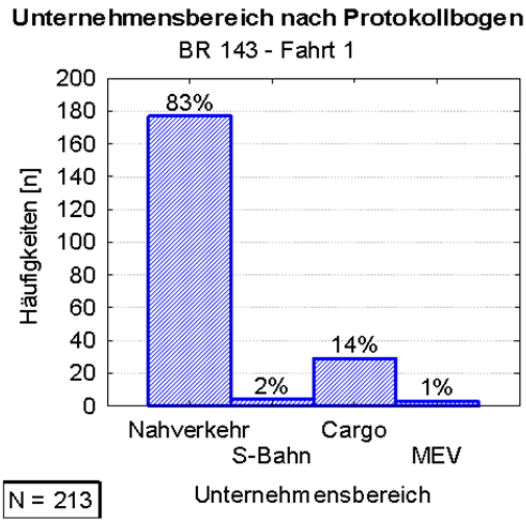
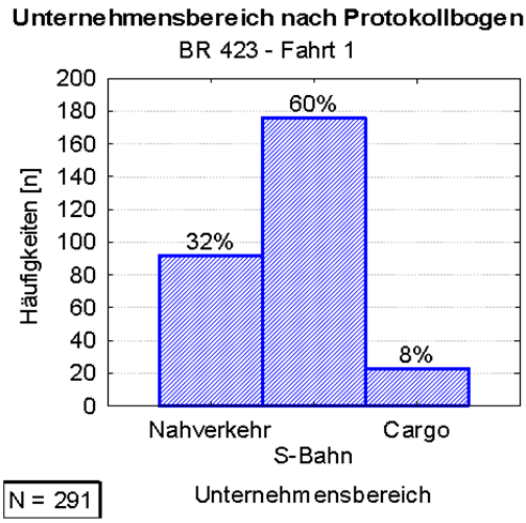


Abbildung 28: Anzahl der protokollierten Überwachungsfahrten an den Simulatoren am Trainingszentrum Fulda.

Aus Abbildung 29 lässt sich die Zuordnung der protokollierten Überwachungsfahrten zu den Unternehmensbereichen entnehmen. Danach wurden am Simulator BR143 hauptsächlich Tf des Nahverkehrs geprüft, an der BR423 zum Großteil Tf der S-Bahn (etwa 60 %), gefolgt von Tf des Nahverkehrs (etwa 30 %). Am Simulator BR403 wurden fast ausschließlich Tf des Fernverkehrs geprüft (etwa 95 %), an der BR401 hauptsächlich Tf aus den Bereichen Güter- und Fernverkehr.

Nach Absprache mit dem Konzernbetriebsrat wurde die weitere Erhebung von soziodemografischen Daten untersagt. Daher können weder Aussagen über bspw. die Altersverteilung oder die Berufserfahrung getroffen, noch können diese Variablen in weitere Analysen mit einbezogen werden.





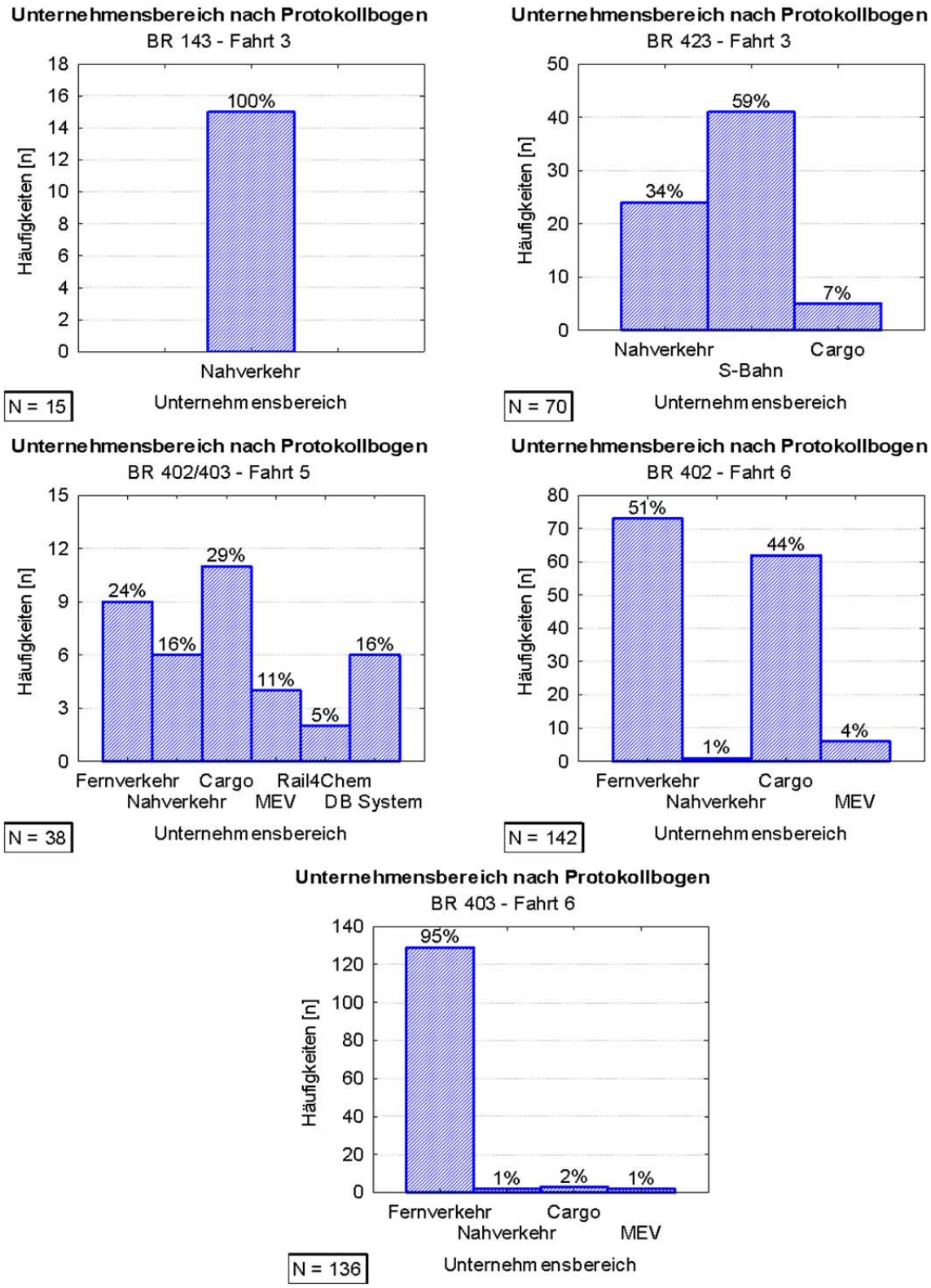


Abbildung 29: Zuordnung der protokollierten Überwachungsfahrten zu den Unternehmensbereichen (MEV und Rail4Chem sind externe Kunden).

8.3.2 Durchführung der Simulatorfahrten

Am Standort des Trainingszentrums Fulda wurden an drei Simulatoren, die mit einer Datenschnittstelle ausgerüstet sind, regelmäßig Überwachungsfahrten durchgeführt:

- Simulator BR423: Fahrt 1, Fahrt 3
- Simulator BR401: Fahrt 1, Fahrt 5, Fahrt 6
- Simulator BR143: Fahrt 1, Fahrt 3

Abbildung 30 stellt die Anzahl der ausgewerteten Überwachungsfahrten graphisch dar. Es fällt auf, dass die Fahrt 1 beträchtlich häufiger durchgeführt wird als die Fahrt 3. Bei den LZB-Fahrten führen die Instruktoren am Standort Fulda meist die Fahrt 6 durch.

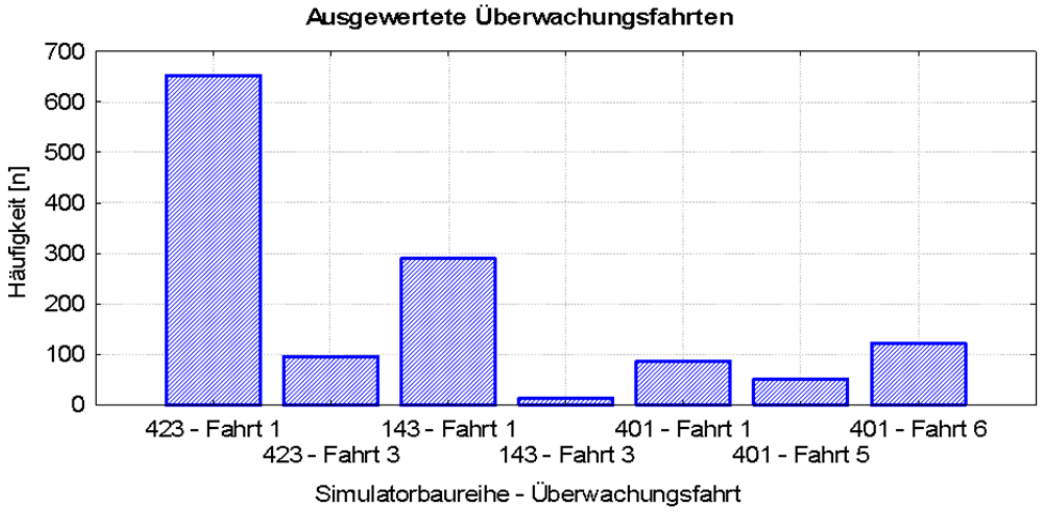


Abbildung 30: Anzahl der ausgewerteten Überwachungsfahrten.

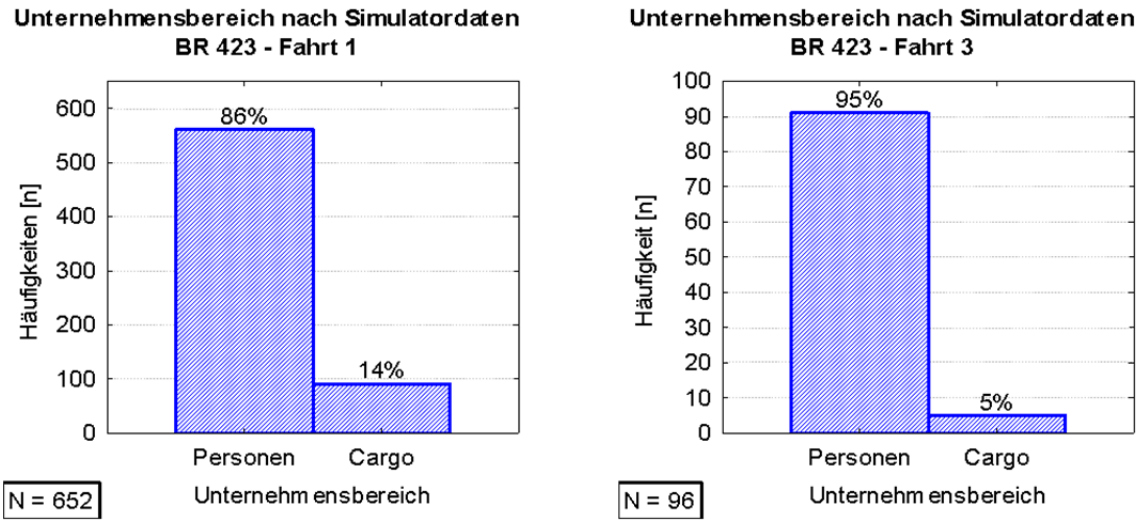
Insgesamt wurden 1314 Überwachungsfahrten über die Datenschnittstellen am Simulatorstandort Fulda aufgezeichnet und ausgewertet. Tabelle 21 gibt einen Überblick über die allgemeinen Zugparameter der durchgeführten Überwachungsfahrten.

Tabelle 21: Allgemeine Informationen zu den durchgeführten Überwachungsfahrten in Abhängigkeit von Simulatorbaureihe und Fahrt.

Parameter	Baureihe	Fahrt	Mittelwert	Std.-abw.	Kategorien
Zuglänge [m]	423	Fahrt 1	140.1	5.9	100: 0% / 140: 100% / 280: 0%
		Fahrt 3	140.0	0.0	140: 100%
	143	Fahrt 1	288.6	116.8	100: 0% / 130: 2% / 140: 1% / 150: 15% / 160: 20% / 180: 0% / 190: 0% / 200: 4% / 300: 1% / 350: 9% / 360: 0% / 400: 46% / 410: 0%
		Fahrt 3	400.0	0.0	400: 100%
	401	Fahrt 1	283.8	81.4	150: 1% / 160: 10% / 200: 1% / 210: 31% / 350: 51% / 360: 2% / 400: 2% / 450: 1%
		Fahrt 5	265.6	73.4	150: 2% / 160: 2% / 210: 56% / 350: 29% / 360: 12%
		Fahrt 6	294.8	69.3	210: 40% / 350: 54% / 360: 6%
Maximale Geschwindigkeit [km/h]	423	Fahrt 1	121.2	11.6	100: 14% / 120: 66% / 140: 20%
		Fahrt 3	126.7	11.5	100: 5% / 120: 56% / 140: 39%
	143	Fahrt 1	116.3	7.8	100: 19% / 120: 81%
		Fahrt 3	118.6	5.3	100: 7% / 120: 93%
	401	Fahrt 1	117.0	39.2	100: 61% / 120: 30% / 140: 3% / 250: 2% / 280: 3%
		Fahrt 5	172.7	33.6	140: 48% / 200: 50% / 280: 2%
		Fahrt 6	165.2	35.9	100: 2% / 140: 59% / 200: 33% / 240: 1% / 250: 5%

Parameter	Bau-reihe	Fahrt	Mittel-wert	Std.-abw.	Kategorien
Brems-hundertstel	423	Fahrt 1	131.1	21.5	40: 0% / 70: 4% / 80: 8% / 100: 3% / 140: 85%
		Fahrt 3	134.7	17.8	70: 3% / 80: 5% / 140: 92%
	143	Fahrt 1	138.4	42.8	40: 1% / 70: 0% / 80: 16% / 100: 3% / 120: 0% / 130: 33% / 140: 17% / 150: 15% / 160: 2% / 180: 0% / 190: 0% / 230: 13%
		Fahrt 3	147.9	46.4	80: 7% / 130: 71% / 230: 21%
	401	Fahrt 1	118.4	42.5	80: 32% / 90: 1% / 100: 32% / 110: 1% / 130: 2% / 140: 5% / 150: 5% / 180: 2% / 190: 17% / 200: 1%
		Fahrt 5	143.3	51.7	80: 21% / 100: 27% / 160: 4% / 190: 33% / 200: 13% / 220: 2%
		Fahrt 6	135.2	47.8	80: 7% / 90: 1% / 100: 53% / 180: 1% / 190: 22% / 200: 15% / 210: 1%
Bremsart	423	Fahrt 1	-	-	1: 0% / 4: 2% / 6: 8% / 7: 1% / 8: 0% / 9: 88%
		Fahrt 3	-	-	6: 4% / 9: 96%
	143	Fahrt 1	-	-	4: 6%% / 6: 21% / 7: 4% / 8: 2% / 9:67%
		Fahrt 3	-	-	6: 7% / 7: 7% / 9: 86%
	401	Fahrt 1	-	-	4: 65% / 5: 1% / 7: 12% / 9:21%
		Fahrt 5	-	-	4: 48% / 7: 6% / 9: 46%
		Fahrt 6	-	-	4: 61% / 7: 14% / 8: 1% / 9: 24%
Fahrtlänge [min]	423	Fahrt 1	30.6	5.5	≤30: 55% / ≤35: 33% / ≤40: 8% / >40: 5%
		Fahrt 3	36.2	3.2	≤30: 1% / ≤35: 37% / ≤40: 49% / >40: 13%
	143	Fahrt 1	31.9	3.9	≤30: 34% / ≤35: 47% / ≤40: 16% / >40: 4%
		Fahrt 3	37.2	4.9	≤30: 0% / ≤35: 36% / ≤40: 43% / >40: 21%
	401	Fahrt 1	33.2	3.5	≤30: 11% / ≤35: 58% / ≤40: 30% / >40: 1%
		Fahrt 5	42.7	5.3	≤30: 2% / ≤35: 2% / ≤40: 31% / >40: 65%
		Fahrt 6	38.1	4.1	≤30: 2% / ≤35: 19% / ≤40: 50% / >40: 29%

Mit Hilfe der beiden Informationsquellen maximale Geschwindigkeit des Zuges und Zuglänge wird jede Fahrt vor ihrer Auswertung in die Kategorie Personenverkehr oder Cargo eingeordnet (Abbildung 31). Innerhalb der PZB-Fahrten wird eine Überwachungsfahrt dem Bereich Cargo zugeordnet, wenn die Maximalgeschwindigkeit des Zuges 100 km/h beträgt. Bei den LZB-Fahrten findet diese Zuordnung bis zu einer Maximalgeschwindigkeit von 140 km/h statt. Die entsprechende Zuordnung korrespondiert in hohem Maße mit der Zuglänge, d.h. geringe Maximalgeschwindigkeiten des Zuges gehen mit hohen Zuglängen einher und umgekehrt. Abbildung 31 zeigt die Verteilung der Unternehmensbereiche auf die unterschiedlichen Baureihen.



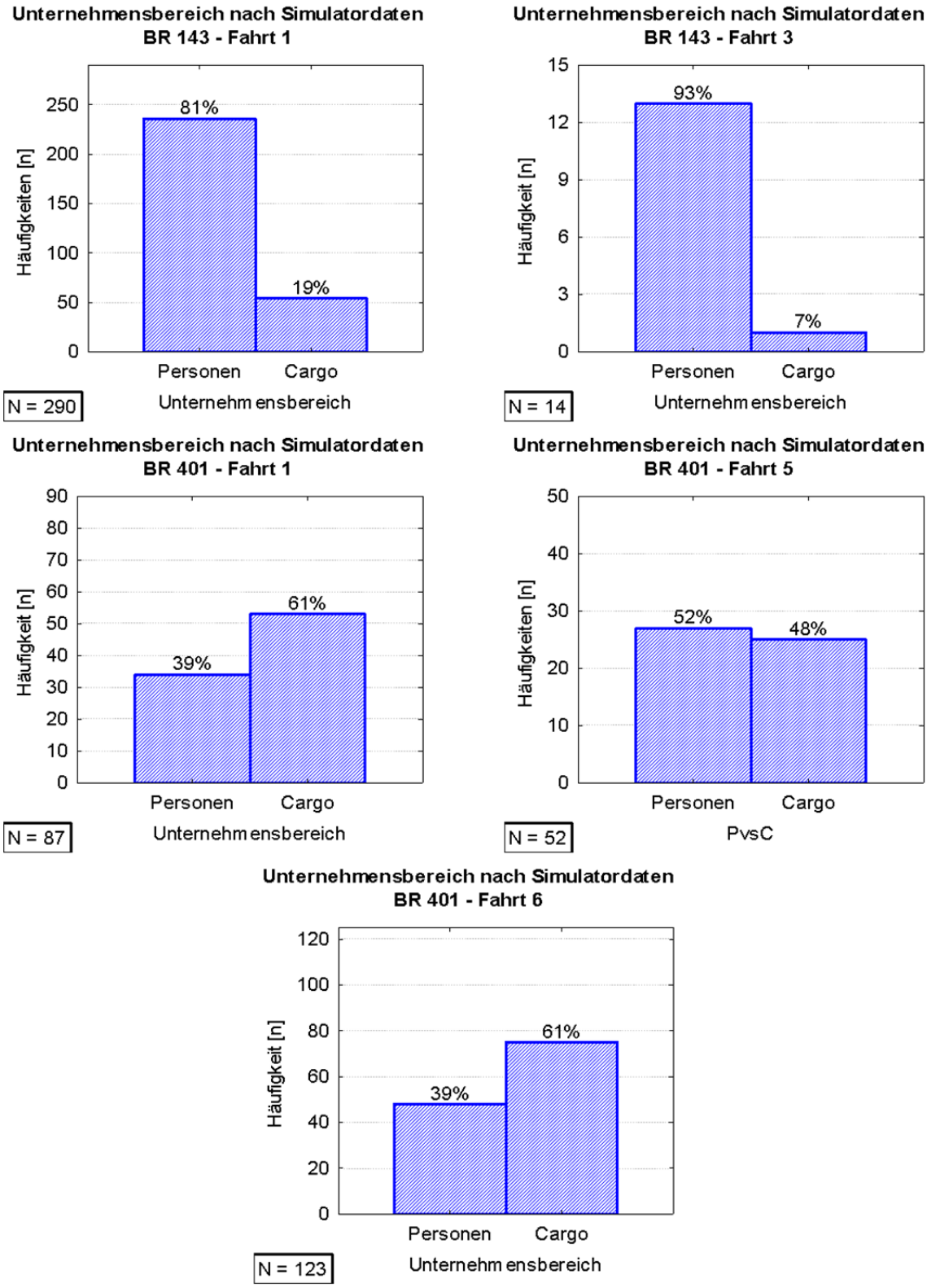


Abbildung 31: Zuordnung der aufgezeichneten Überwachungsfahrten zu den Unternehmensbereichen.

Dass die Zuordnung gültig ist, zeigt ein Vergleich der Angaben durch den Instruktor auf dem Protokollbogen mit der Kategorisierung aus den Simulatordaten (Tabelle 22). Mit wenigen Ausnahmen wurden alle Überwachungsfahrten, die aufgrund der Simulatordaten in die Kategorie Cargo eingeordnet werden, tatsächlich von Tf dieses Unternehmensbereichs durchgeführt.

Die Zuordnung der Tf aus einem sonstigen Unternehmensbereich der Fahrt 5 und Fahrt 6 am Simulator der BR401 erklärt sich dadurch, dass die Tf der Firmen MEV Eisenbahn-Verkehrs-

gesellschaft mbH und Rail4Chem Eisenbahnverkehrsgesellschaft mbH die Überwachungsfahrt nach dem Cargo-Buchfahrplan durchgeführt haben.

Die richtige Zuordnung ist wichtig, da gewährleistet sein muss, dass alle Überwachungsfahrten nach dem jeweils verwendeten Buchfahrplan und Geschwindigkeitsheft ausgewertet werden. Am Simulator der Baureihe BR423 werden einige Tf, die nach Angabe der Instruktoren aus dem Bereich Güterverkehr kommen, im Rahmen des Personenverkehrs-Buchfahrplans ausgewertet. Hierdurch können zwar Geschwindigkeitsüberschreitungen übersehen werden, aber immer zu Gunsten des jeweiligen Tf.

Es darf allerdings nicht vorkommen, dass ein Tf, der nach den Vorgaben des Personenverkehrs gefahren ist, in der Auswertung dem Unternehmensbereich Cargo zugeordnet wird. In diesem Fall würde der Tf in vielen Geschwindigkeitsabschnitten als zu schnell bewertet werden. Tabelle 22 zeigt, dass dies bei den ausgewerteten Fahrten nur im Rahmen der Fahrt 1 am Simulator BR143 vorgekommen ist. Dort wurden 11 Prozent der Überwachungsfahrten durch die Auswertung der Simulatordaten als Güterverkehrsfahrten klassifiziert, obwohl der Instruktor auf dem Protokollbogen angegeben hat, dass der Tf aus dem Unternehmensbereich Nahverkehr kommt. In diesen Fällen ist es möglich, dass die Auswertung der Simulatordaten Geschwindigkeitsüberschreitungen feststellt, die nicht gerechtfertigt sind. Allerdings ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass die Zuordnung als Güterverkehrsfahrt auf der Zugdateneingabe und der maximalen Geschwindigkeit des Zuges beruht. Diese ist bei den genannten 11 Prozent der Fahrten auf 100 km/h begrenzt, obwohl der Tf aus dem Bereich Personenverkehr stammt.

Tabelle 22: Vergleich der Zuordnung der Tf zu den Geschäftsbereichen durch den Instruktor auf dem Protokollbogen und durch die Auswertung der Simulatordaten.

Baureihe	Fahrt	Simulator	Protokollbogen				
			Fern	Railion	Nah	Sonst	Summe
423	Fahrt 1 (n=108)	Personen	0.0%	0.0%	91.7%	0.0%	91.7%
		Cargo	0.0%	8.3%	0.0%	0.0%	8.3%
		Summe	0.0%	8.3%	91.7%	0.0%	100.0%
	Fahrt 3 (n=45)	Personen	0.0%	6.7%	33.3%	55.6%	95.6%
		Cargo	0.0%	4.4%	0.0%	0.0%	4.4%
		Summe	0.0%	11.1%	33.3%	55.6%	100.0%
143	Fahrt 1 (n=200)	Personen	0.0%	8.5%	80.0%	0.0%	88.5%
		Cargo	0.0%	0.5%	11.0%	0.0%	11.5%
		Summe	0.0%	9.0%	91.0%	0.0%	100.0%
	Fahrt 3 (n=8)	Personen	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
		Cargo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		Summe	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
401	Fahrt 1 (n=32)	Personen	3.1%	0.0%	18.8%	0.0%	21.9%
		Cargo	0.0%	78.1%	0.0%	0.0%	78.1%
		Summe	3.1%	78.1%	18.8%	0.0%	100.0%
	Fahrt 5 (n=7)	Personen	57.1%	0.0%	14.3%	0.0%	71.4
		Cargo	0.0%	0.0%	0.0%	28.6%	28.6%
		Summe	57.1%	0.0%	14.3%	28.6%	100.0%
	Fahrt 6 (n=48)	Personen	33.3%	0.0%	2.1%	0.0%	35.4%
		Cargo.	0.0%	62.5%	0.0	2.1%	64.6%
		Summe	33.3%	62.5%	2.1%	2.1%	100.0%

9 AUSWERTUNG

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Überwachungsfahrten und der damit verbundenen Analysen dargestellt. An eine Betrachtung des Kenntnisstands der Tf während der Vorbesprechung schließt sich die Auswertung der Gesamtbeurteilung der absolvierten Überwachungsfahrt durch die Instruktoren und auf den Simulatordaten basierend an. Anschließend werden die Überwachungsfahrten gegliedert nach den Verhaltensmarkern im Detail analysiert. Es folgt eine Betrachtung der Leistung in der Überwachungsfahrt in Abhängigkeit von der gewählten Überwachungsfahrt, dem Unternehmensbereich und der Baureihenkenntnis des Tf. Der Anteil der Situationen, die nach der Einführung des Verhaltensmarkersystems vollautomatisiert ausgewertet werden können, wird ebenfalls ausgewertet und berichtet. Die Auswertungen gliedern sich demnach wie folgt:

- Wissen
- Gesamtbeurteilung
  - Protokollbogen
  - Simulatordaten
- Geschwindigkeit
  - Freie Strecke
  - Anschließender Weichenbereich / Langsamfahrt
  - Fahren auf Sicht
- Bremsverhalten
- Kommunikation
- Weitere Verhaltensmarker
  - Beschleunigungsverhalten
  - Halten einer Taste (Befehlstastenbedienung)
  - Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis
  - Halt
- Weitere Analysen
  - Einfluss der unterschiedlichen Überwachungsfahrten
  - Einfluss des Unternehmensbereichs
  - Baureihenkenntnis
- Detektion sicherheitsrelevanter Fehler durch Simulator und Instruktor

Jedes Einzelkapitel beleuchtet in Abhängigkeit von der vorliegenden Datenlage folgende Aspekte des jeweiligen Verhaltensmarkers:

- Deskription des Instruktorurteils
- Deskription der Simulationsparameter
- Verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten
- Vergleich von Instruktorurteil und Simulatordaten

9.1 Wissen

Zu Beginn jeder Überwachungsfahrt werden die Tf durch den Instruktor auf die Überwachungsfahrt vorbereitet. Dies geschieht im Rahmen einer Vorbesprechung, während der die Ereignisse der Überwachungsfahrt und das erwartete Sollverhalten durchgesprochen werden. Dabei schildern die Instruktoren jede Situationen anhand des Streckenverlaufs und fragen den Tf nach dem jeweils richtigen Sollverhalten. Die Instruktoren notieren auf einem Protokollbogen, welche Angaben zum korrekten Sollverhalten in den angesprochenen Situationen vom Tf korrekt genannt werden konnten. Die Vorbesprechung erfasst also den Wissensstand der Tf hinsichtlich der in der Simulatorfahrt simulierten Ereignisse und den dahinter stehenden Richtlinien.

Die meisten Sollverhaltensweisen werden von den Tf korrekt genannt. Für alle vier betrachteten Überwachungsfahrten liegt der Anteil der korrekten Antworten bei deutlich über 90 Prozent (Abbildung 32-Abbildung 35). Allerdings zeigen sich einige Bereiche, in denen die Tf Wissenslücken aufweisen. Diese Kenntnismängel beziehen sich insbesondere auf

- die Festlegung und räumlichen Grenzen des anschließenden Weichenbereichs,
- die 400m-Regel beim Fahren auf Sicht,
- die 2000m-Regel nach Vorbeifahrt an einem Halt zeigenden oder gestörten Hauptsignal,
- die korrekte Nummer des anzufordernden Befehls und
- den korrekten Wortlaut des Notrufs.

So konnten z.B. lediglich 80 Prozent der Tf den Weichenbereich des Bf Haag in Fahrt 1, 78 Prozent den Weichenbereich des Bf Neusteedt in Fahrt 3 und nur 70 Prozent den Weichenbereich des Bf Kassel-Wilhelmshöhe in Fahrt 6 korrekt identifizieren (vgl. Abschnitt 2.3 zu Weichenbereichsregelung). 70 Prozent der Tf waren nicht in der Lage, den korrekten Wortlaut des Notrufs anzugeben. Die 400m-Regel wird ebenso wie die 2000m-Regelung von jedem zehnten Tf nicht korrekt wiedergegeben.

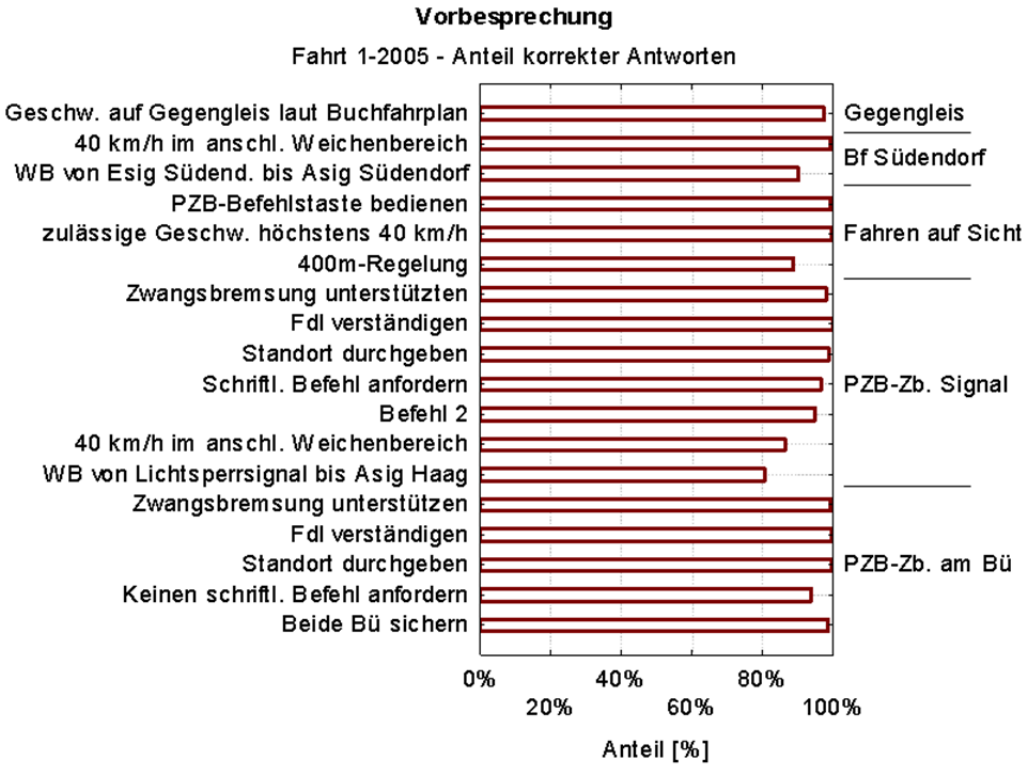


Abbildung 32: Kenntnisse der Tf in der Vorbesprechung von Fahrt 1 (N=628) (WB = Weichenbereich).

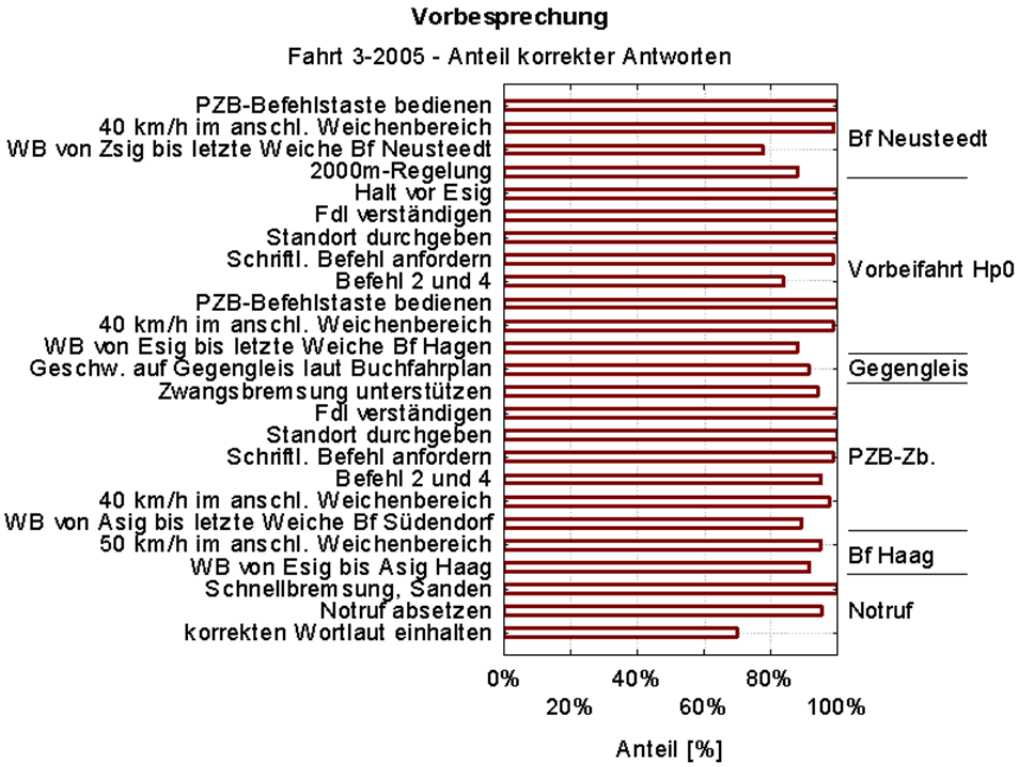


Abbildung 33: Kenntnisse der Tf in der Vorbesprechung von Fahrt 3 (N=85) (WB = Weichenbereich).

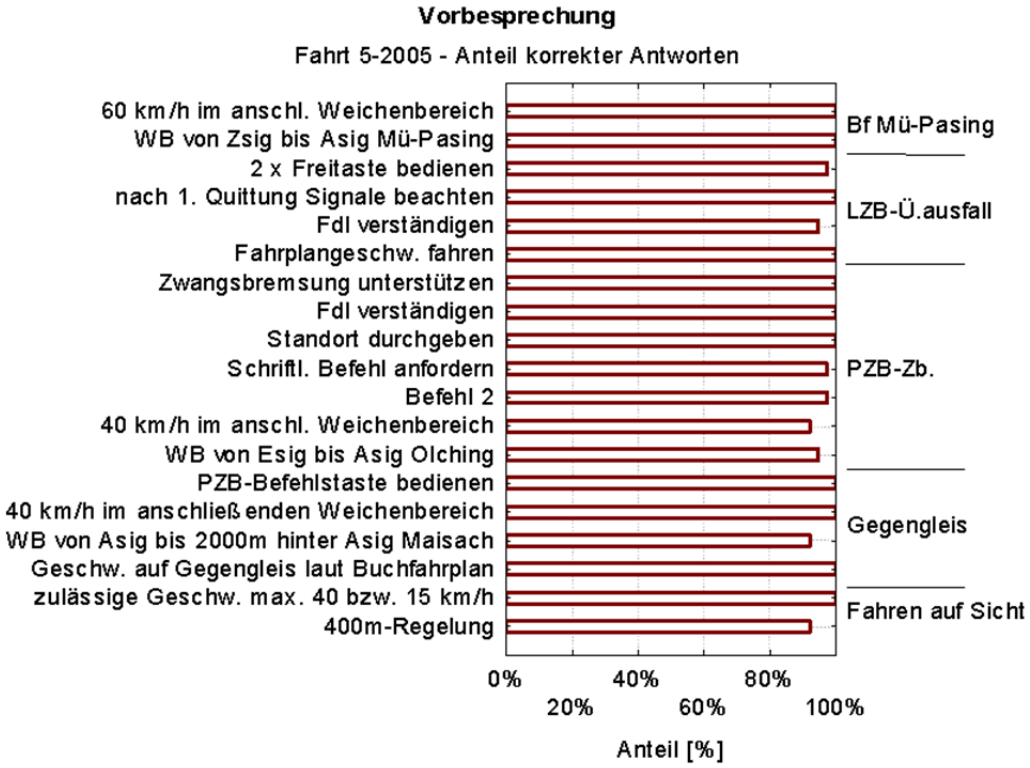


Abbildung 34: Kenntnisse der Tf in der Vorbesprechung von Fahrt 5 (N=38) (WB = Weichenbereich).

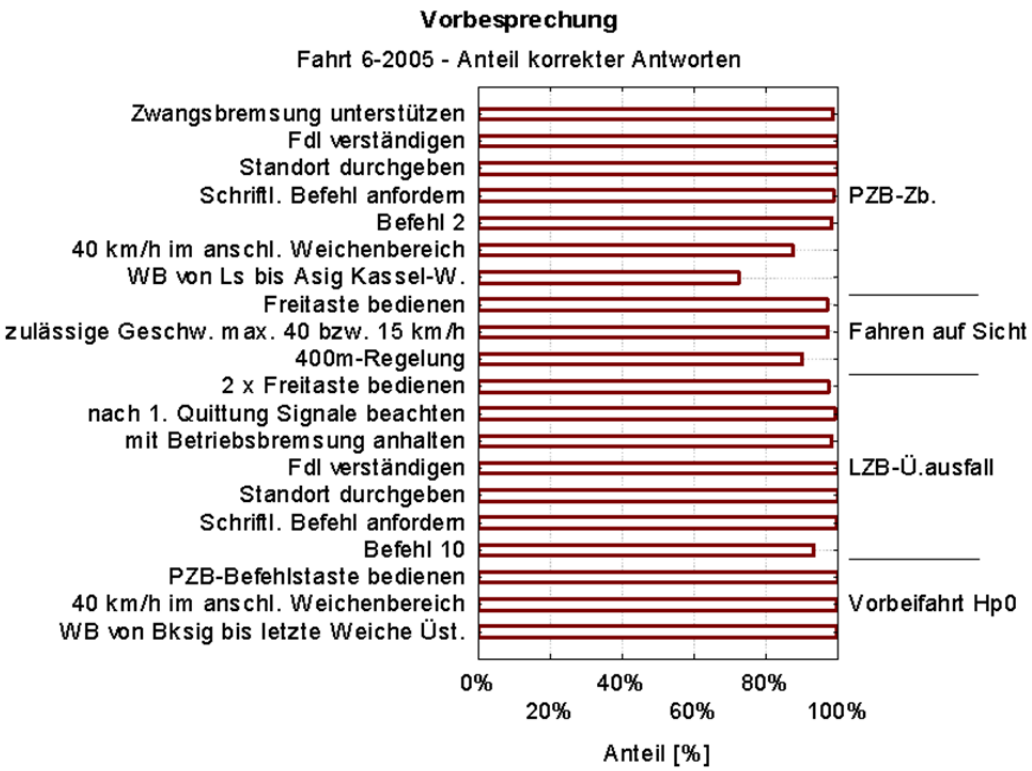


Abbildung 35: Kenntnisse der Tf in der Vorbesprechung von Fahrt 6 (N=287) (WB = Weichenbereich).

Auch wenn man die Wissenslücken nicht als gravierend bezeichnen kann, zeigen sie doch, dass die Vorbesprechung für den Tf sehr wichtig ist. Ohne eine detaillierte Vorbesprechung der einzelnen Fahrtereignisse würde ein beträchtlich höherer Anteil der Tf Schwierigkeiten haben, die Überwachungsfahrt fehlerfrei zu absolvieren. Hier sei nochmal daran erinnert, dass sich dieses Wissen in den meisten Fällen auf sicherheitsrelevante Situationen bezieht. Dieses Wissen ist also vorauszusetzen. Mangelnde Strecken- oder Baureihenkenntnis hat hier keinen Einfluss auf die Beantwortung der Frage. Nur zum Vergleich: Eine falsche Antwort auf eine sicherheitsrelevante Frage führt in einer entsprechenden theoretischen Prüfung zum Nichtbestehen.

9.2 Gesamtbeurteilung

Eine Gesamtbeurteilung der Leistung des Tf während der Überwachungsfahrt wird zum einen durch den Instruktor vorgenommen. Zum anderen ist eine Gesamtbetrachtung auch aufgrund der Simulatordaten möglich.

9.2.1 Protokollbogen

Dem Instruktor obliegt am Ende der Überwachungsfahrt eine Gesamtbeurteilung des Tf. Im Protokollbogen gibt er eine Einschätzung bezüglich der Aufgabenerfüllung, der Beanspruchung und der Gesamtnote ab. Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass nach Beobachtung und Beurteilung der Instruktoren nur wenige Tf Probleme mit der fehlerfreien Absolvierung der Überwachungsfahrten haben (Abbildung 36). Nur etwa vier Prozent der Tf erhalten von den Instruktoren eine schlechte Beurteilung der Aufgabenerfüllung und bestehen aus diesem Grund die Überwachungsfahrt nicht. Die überwiegende Mehrzahl (etwa 78 %) der Tf zeigt dagegen eine gute bis sehr gute Aufgabenerfüllung. Im Durchschnitt wird ein Tf während der Überwachungsfahrt als wenig bis mittelstark beansprucht eingeschätzt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Häufung von besonderen betrieblichen Ereignissen im Rahmen einer relativ kurzen Simulatorfahrt in Verbindung mit dem Prüfungscharakter zwar zu einer Beanspruchung des Tf

führt, diese aber weder besonders hoch ist, noch nach Meinung der Instruktoren zu einer Reduzierung der Leistungsfähigkeit führt. Nur eine sehr geringe Anzahl aller Tf wird als sehr stark oder überbeansprucht eingeschätzt.

Bei der abschließenden Vergabe einer Schulnote erhalten die Tf von den Instruktoren fast ausschließlich gute Noten (die Instruktoren vergeben in über 58 Prozent der Fälle die Note „gut“), entsprechend den Ergebnissen zur Aufgabenerfüllung zeigen lediglich vier Prozent der Tf ein insgesamt mangelhaftes oder ungenügendes Leistungsniveau.

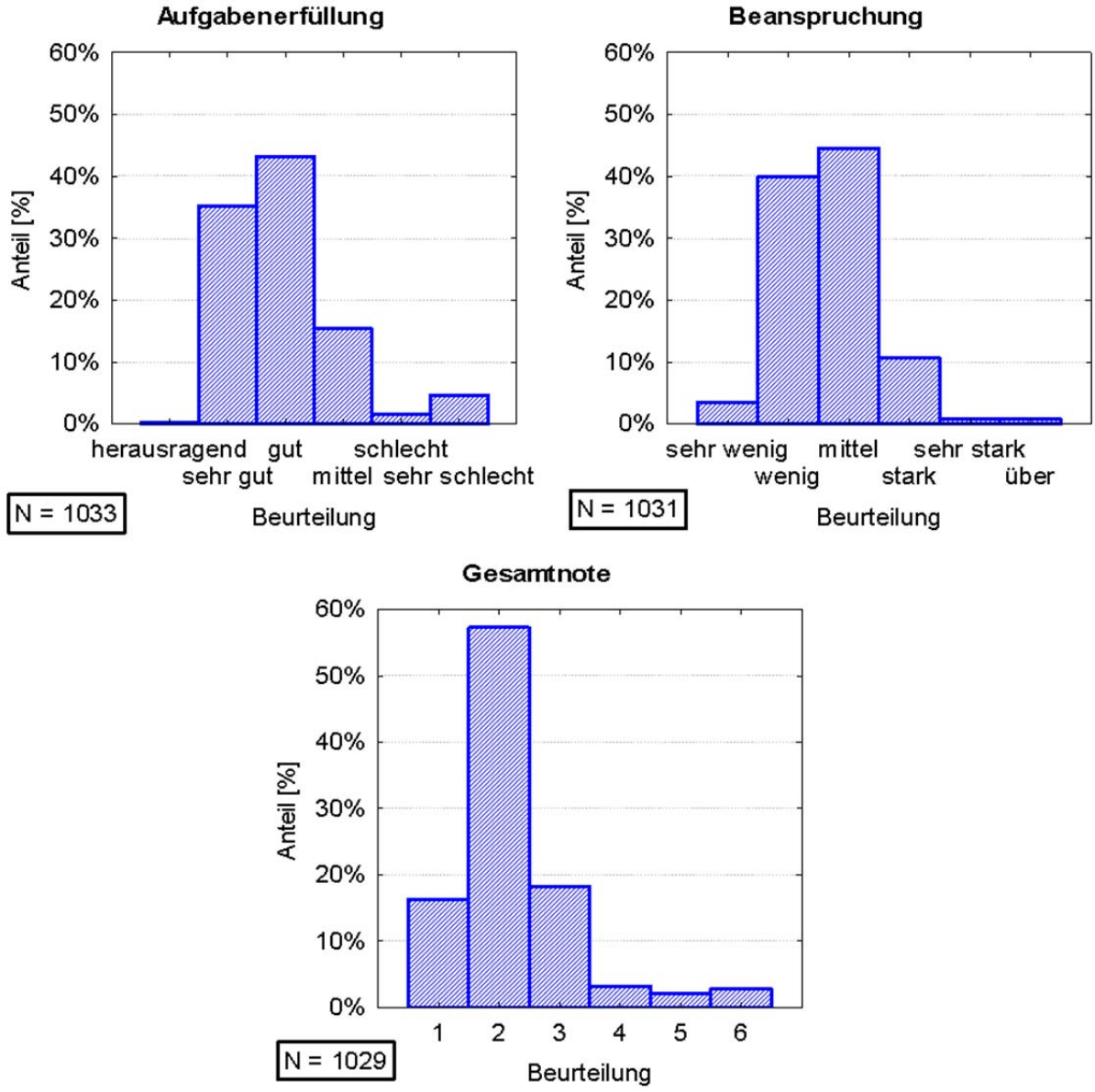


Abbildung 36: Gesamtbeurteilung der Aufgabenerfüllung des Tf (oben links), der Beanspruchung des Tf (oben rechts) und der Gesamtleistung (unten) durch den Instruktor.

Tabelle 23 zeigt den Zusammenhang zwischen den Parametern Aufgabenerfüllung, Beanspruchung und der von den Instruktoren vergebenen Gesamtnote. Es zeigt sich, dass die Gesamtnote stärker mit der Aufgabenerfüllung zusammenhängt als mit der Beanspruchung.

*Tabelle 23: Korrelation der Parameter des Instruktorurteils (***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, (*): p<0.10).*

	Aufgabenerfüllung	Beanspruchung	Gesamtnote
Aufgabenerfüllung	1.00		
Beanspruchung	***0.55	1.00	
Gesamtnote	***0.87	***0.57	1.00

9.2.2 Simulatordaten

Der folgende Abschnitt soll die Fragen beantworten, wie die Leistungsbewertung der Tf ausfällt, wenn die aufgezeichneten Simulatordaten analysiert werden. Die berechneten und ausgewerteten Parameter sind (1) Anteil der Fahrauffälligkeiten, (2) Anteil der Fahrfehler und (3) Anzahl an sicherheitsrelevanten Mängeln im Geschwindigkeits- und Bremsverhalten.

Der Anteil der Fahrauffälligkeiten errechnet sich aus Verhaltensweisen des Tf, die zwar nicht fehlerhaft sind, aber doch einen Hinweis auf eine erhöhte Beanspruchung und Unsicherheit des Tf liefern können. Im Einzelnen wird von einer Fahraufälligkeit gesprochen, wenn

- die mittleren Geschwindigkeit bei der Fahrt auf freier Strecke und in den anschließenden Weichenbereichen geringer ist als die Hälfte der erlaubten Höchstgeschwindigkeit,
- in einem Fahrtabschnitt zu jeder Zeit langsamer als 20 km/h unterhalb der erlaubten Höchstgeschwindigkeit gefahren wird oder
- der Beschleunigungswert in einem Fahrtabschnitt mit höherer erlaubter Höchstgeschwindigkeit unterhalb von 0.5 m/s^2 bleibt.

Je nach Anzahl der Geschwindigkeitsabschnitte pro Überwachungsfahrt ergibt sich eine maximale Anzahl an Fahrauffälligkeiten, die begangen werden können. Um die verschiedenen Fahrten miteinander vergleichen zu können, wird der Anteil der tatsächlichen Fahrauffälligkeiten an den möglichen Auffälligkeiten berechnet.

Der Anteil der möglichen Fahrfehler ergibt sich aus den Fehlertabellen. Jede Geschwindigkeitsüberschreitung wird in Abhängigkeit von Dauer und Ausmaß mit Fehlerstärken von 1 bis 3 bewertet. Auch Fehler, die bei der Unterstützung der Zwangsbremsung auftreten, gehen in die Berechnung der Häufigkeit der Fahrfehler ein. Bei den Fahrauffälligkeiten wird ein Fehleranteil berechnet, der die Anzahl der Fahrfehler an der potentiellen Höchstzahl an Fehlern relativiert, um die verschiedenen Fahrten untereinander vergleichbar zu machen.

Schließlich wird gemäß der entsprechenden Fehlertabelle die Anzahl sicherheitsrelevanter Mängel im Geschwindigkeits- und Bremsverhalten berechnet.

Abbildung 37 gibt einen Überblick über die Gesamthäufigkeit von Fahrauffälligkeiten, Fahrfehlern und sicherheitsrelevanten Mängeln, die während der Überwachungsfahrten aufgetreten sind.

Der Anteil der Fahrauffälligkeiten liegt bei den meisten Überwachungsfahrten im Bereich von 0.1 und 0.4 (insgesamt etwa 78 Prozent). Das bedeutet, dass die Tf in einigen Fahrtabschnitten deutlich unter der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit bleiben, um auf betriebliche Störungen und Besonderheiten reagieren zu können.

Etwa 17 Prozent der Überwachungsfahrten werden ohne jeden Geschwindigkeits- oder Bremsfehler absolviert. In weiteren zehn Prozent der Fahrten bleibt der Anteil der Fehler unter 0.05. Das bedeutet aber auch, dass bei der überwiegende Mehrheit der Tf Potential für Verbesserungen des Fahrverhaltens besteht.

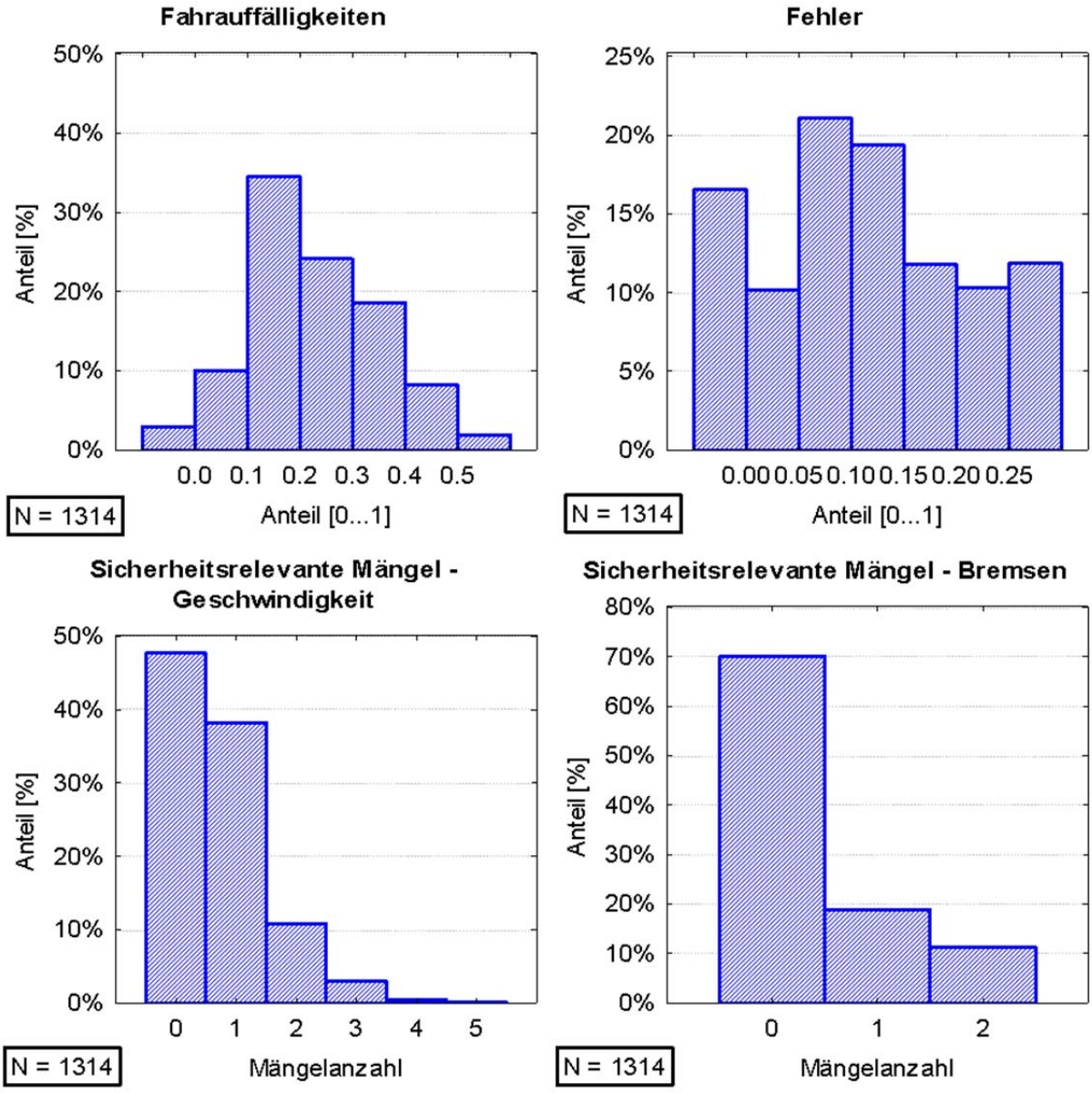


Abbildung 37: Gesamtbetrachtung der Fahrleistung des Tf anhand der Fahrauffälligkeiten (oben links), der Fahrfehler (oben rechts), der sicherheitsrelevanten Geschwindigkeitsmängel (unten links) und der sicherheitsrelevanten Bremsmängel (unten rechts).

Ein ähnliches Resultat zeigt sich bei der Betrachtung der Häufigkeit sicherheitsrelevanter Verstöße. Über die Hälfte der Tf überschreitet während der Überwachungsfahrt die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit mindestens einmal deutlich. Einen sicherheitsrelevanten Mangel im Bremsverhalten zeigen 30 Prozent der Tf. Ohne der detaillierteren Analyse der Überwachungsfahrten vorzugreifen, zeigt sich bereits an dieser Stelle, dass die überwiegend positive Beurteilung des Leistungsstands der Tf durch die Instruktoren das tatsächliche Bild nur teilweise korrekt widerspiegelt.

Die Betrachtung der Korrelationen zwischen den Parametern der Gesamtfahrleistung zeigt, dass die Häufigkeit der sicherheitsrelevanten Geschwindigkeitsverstöße nicht mit den Bremsverstößen zusammenhängt (Tabelle 24). Beide Kategorien sicherheitsrelevanter Verstöße gehen jedoch in die Berechnung der Fahrfehler ein und korrelieren deshalb mit dem Anteil der Fahrfehler. Die Fahrauffälligkeiten kennzeichnen eher einen vorsichtigen Tf und korrelieren deshalb weder mit den Fahrfehlern noch mit den sicherheitsrelevanten Mängeln in einem bedeutsamen Ausmaß.

*Tabelle 24: Korrelation der Parameter der Gesamtfahrleistung (***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, (*): p<0.10).*

	Fahrauffälligkeiten	Fahrfehler	sicherheitsrelevante Geschwindigkeits-fehler	sicherheitsrelevante Bremsfehler
Fahrauffälligkeiten	1.00			
Fahrfehler	***-0.13	1.00		
sicherheitsrelevante Geschwindigkeitsfehler	0.02	***0.66	1.00	
sicherheitsrelevante Bremsfehler	***-0.15	***0.59	0.03	1.00

9.3 Geschwindigkeit

Das Geschwindigkeitsverhalten ist der erste Verhaltensmarker, der im Folgenden detailliert betrachtet werden soll. Während der einzelnen Abschnitte der Überwachungsfahrt muss der Tf stets die korrekten Höchstgeschwindigkeiten beachten. Die Instruktoren haben die Möglichkeit, die vom Tf begangenen Geschwindigkeitsfehler in drei Fehlerkategorien einzuordnen:

- **Fehlerstärke 1**: Überschreitet der Tf das Limit um bis zu 5 km/h, verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich aber nach spätestens 3 s, ist ein geringer Fehler zu vergeben.
- **Fehlerstärke 2**: Fährt der Tf bis zu 5 km/h schneller als angegeben, verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich aber nach spätestens 10 s, ist ein mittlerer Fehler zu vergeben.
- **Fehlerstärke 3**: Fährt der Tf bis zu 5 km/h schneller als angegeben und verlässt den überhöhten Geschwindigkeitsbereich auch nach 10 s nicht oder fährt er mehr als 5 km/h zu schnell, so handelt es sich um einen sicherheitsrelevanten Fehler.

Weiterhin sollen die Instruktoren auch an zu zögerliche Tf, die im gesamten Fahrtabschnitt 20 km/h unterhalb der angegebenen Geschwindigkeit bleiben, einen geringen Fehler vergeben (Fehlerstärke 1).

Im Folgenden wird das Geschwindigkeitsverhalten der Tf für die Fahrtkategorien (a) Freie Strecke, (b) anschließender Weichenbereich / Langsamfahrt und (c) Fahren auf Sicht betrachtet.

9.3.1 Freie Strecke

Während jeder Überwachungsfahrt gibt es Fahrtabschnitte, in denen die vom Tf zu fahrende Höchstgeschwindigkeit aus dem entsprechenden Geschwindigkeitsheft abzulesen ist. In der Fahrt 1 sind sieben Fahrtabschnitte mit unterschiedlichen Fahrplangeschwindigkeiten auf der freien Strecke enthalten:

- Bf Hagen - km 336.7: Personen 100 km/h, Cargo 100 km/h
- km 336.7 - Esig Südendorf: Personen 120 km/h, Cargo 100 km/h (im Protokollbogen zusammen mit Bf Hagen - km 336.7 beurteilt)
- Asig Südendorf - Esig Wangen: Personen 100 km/h, Cargo 100 km/h
- Asig Wangen - km 326.4: Personen 100 km/h, Cargo 100 km/h
- km 326.4 - Sh Haag: Personen 90 km/h, Cargo 90 km/h (im Protokollbogen zusammen mit Asig Wangen - km 326.4 beurteilt)
- Asig Haag - 1. Bü: Personen 120 km/h, Cargo 100 km/h
- 3. Bü - Bf Allaching: Personen 120 km/h, Cargo 100 km/h

Der Instruktor beurteilt lediglich fünf der sieben Abschnitte, da zwei Mal jeweils zwei Abschnitte für die Bewertung mit dem Protokollbogen zusammengefasst wurden. Die jeweils zusammengefassten Abschnitte umfassen laut Geschwindigkeitsheft zwei unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten.

Die Fahrt 3 enthält vier Fahrtabschnitte mit unterschiedlichen Fahrplangeschwindigkeiten auf der freien Strecke:

- WB Bf Neusteedt - Esig Hagen: Personen 100 km/h, Cargo 100 km/h
- km 336.7 - km 333.4: Personen 120 km/h, Cargo 100 km/h
- WB Bf Südendorf - km 326.4: Personen 100 km/h, Cargo 100 km/h
- Asig Haag - Notruf: Personen 120 km/h, Cargo 100 km/h

Die Fahrt 5 enthält sieben Fahrtabschnitte mit unterschiedlichen Fahrplangeschwindigkeiten auf der freien Strecke (von denen zwei Abschnitte im Protokollbogen zusammengefasst sind):

- Asig Pasing - LZB-Übertragung: Personen 150 km/h, Cargo 100 km/h
- nach LZB-Übertragung - Asig Lochhausen: Personen 200 km/h, Cargo 140 km/h
- Asig Lochhausen - Esig Olching: Personen 160 km/h, Cargo 100 km/h
- Asig Olching - LZB-Übertragung: Personen 100 km/h, Cargo 100 km/h
- LZB-Übertragung - Asig Maisach: Personen 160 km/h, Cargo 140 km/h (im Protokollbogen zusammen mit Asig Olching - LZB-Übertragung beurteilt)
- Asig Maisach+2000m - Sh1 Nannhofen: Personen 100 km/h, Cargo 100 km/h
- Sbk 59+400m - Bf Haspelmoor: Personen 140 km/h, Cargo 140 km/h

Die Fahrt 6 enthält fünf Fahrtabschnitte mit unterschiedlichen Fahrplangeschwindigkeiten auf der freien Strecke (von denen zwei Abschnitte im Protokollbogen zusammengefasst sind):

- Asig Kassel-W. - km 149.7: Personen 150 km/h, Cargo 100 km/h
- km 149.7 - LZB-Übertragung: Personen 140 km/h, Cargo 100 km/h (im Protokollbogen zusammen mit Asig Kassel-W. - km 149.7 beurteilt)
- Bf Körle-Ost - km 166.3: Personen 155 km/h, Cargo 95 km/h
- WB Üst Kaiserau - km 171.4: Personen 155 km/h, Cargo 95 km/h
- WB Üst Wildsberg - Bf Licherode: Personen 160 km/h, Cargo 100 km/h

Beurteilung durch den Instruktor

Eine Zusammenfassung der Urteile zeigt, dass die Instruktoren insgesamt sehr selten Geschwindigkeitsüberschreitungen auf freier Strecke protokollieren (Abbildung 38 links). Wenn sie eine Überschreitung der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit erkennen, dann wird diese fast ausschließlich als geringer Fehler eingestuft. Von der Kategorie „nicht bewertet“ machen die Instruktoren nahezu keinen Gebrauch.

Abbildung 38 rechts zeigt den Einfluss der Simulatorbaureihe auf das Instruktorurteil. An der Baureihe BR423 werden die meisten Überschreitungen der Fahrplangeschwindigkeit protokolliert.

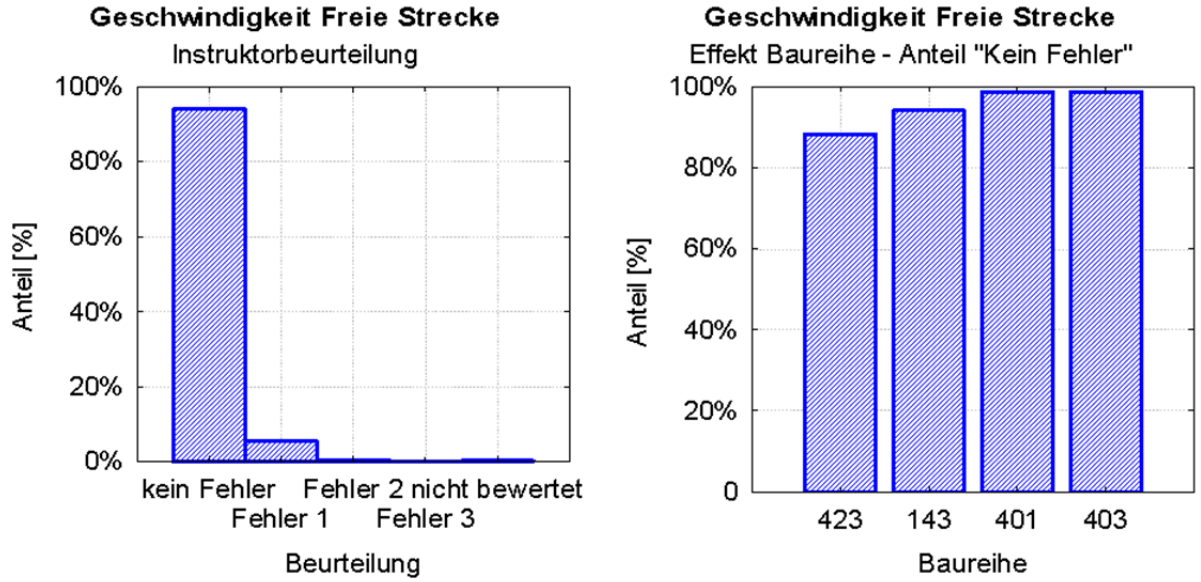


Abbildung 38: Gesamturteil (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf das Instruktorurteil zur Geschwindigkeit auf der freien Strecke.

Die Beurteilung des Geschwindigkeitsverhaltens auf freier Strecke hängt auch von dem jeweiligen Fahrtabschnitt ab (Abbildung 39). Insbesondere zwei Fahrtabschnitte in Fahrt 3 fallen auf („km 336.7 – km 333.4“, „WB Bf Südendorf – km 326.4“), da der Anteil der Tf ohne Geschwindigkeitsfehler unter 80 Prozent liegt. Aus den Protokollbogenaufzeichnungen geht jedoch nicht hervor, ob die Tf in diesen beiden Abschnitten häufiger einen Fehler wegen zu hoher oder aber wegen zu geringer Geschwindigkeit erhalten.

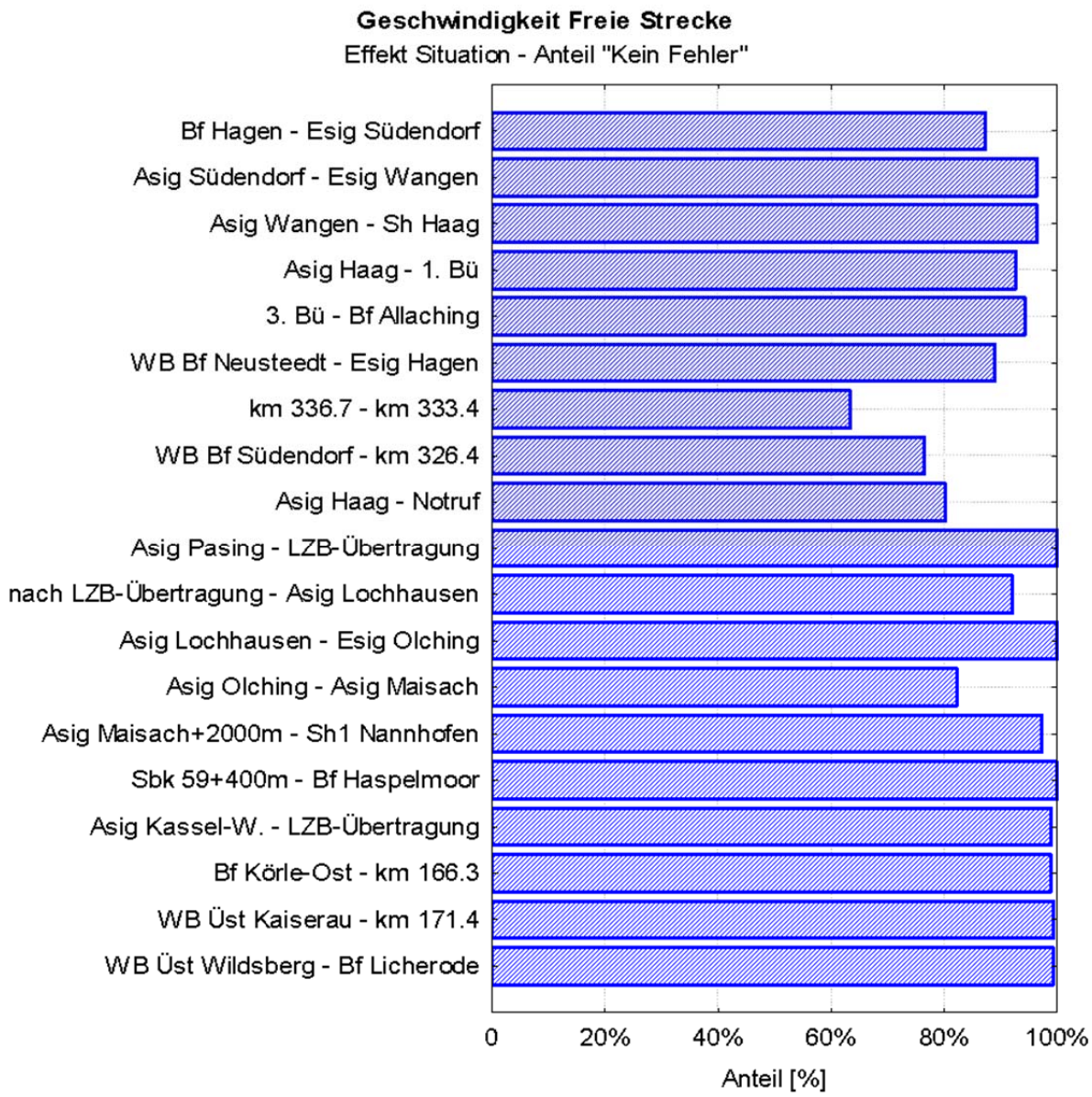


Abbildung 39: Effekt des Fahrtabschnitts auf das Instruktorurteil zur Geschwindigkeit auf der freien Strecke.

Die gefahrenen Geschwindigkeiten sind bei der Baureihe BR423 im Durchschnitt am höchsten (Abbildung 40 oben). Vermutlich liegt dies daran, dass diese Baureihe auch das größte Beschleunigungsvermögen besitzt und somit schneller die Höchstgeschwindigkeit erreichen kann. Die Geschwindigkeiten fallen bei der Baureihe BR401 dagegen deutlich geringer aus. Dies liegt insbesondere daran, dass bei dieser Baureihe der Anteil der Cargo-Fahrten deutlich höher ist als bei anderen Baureihen (vgl. Kapitel 8.3.2, Abbildung 31). Die erlaubte Höchstgeschwindigkeit liegt in Fahrt 1 somit für einen größeren Teil der Tf bei 100 km/h statt bei 120 km/h.

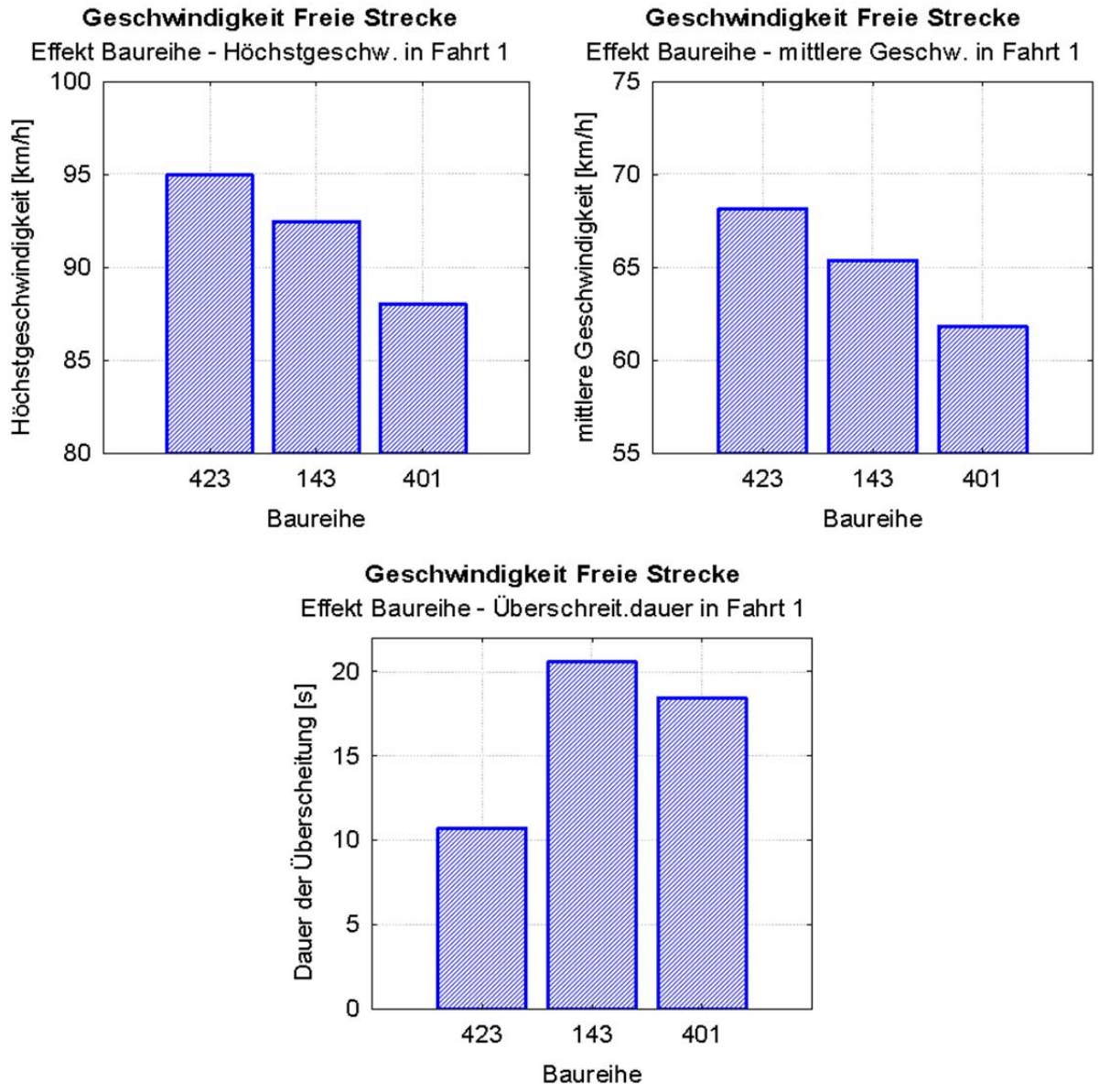


Abbildung 40: Effekt der Simulatorbaureihe auf die Höchstgeschwindigkeit (oben links), die mittlere Geschwindigkeit (oben rechts) und die Überschreitungsdauer auf der freien Strecke in Fahrt 1.

Wenn der Tf die vorgeschriebene Geschwindigkeit auf freier Strecke überschreitet, dann liegt die Dauer dieser Überschreitung im Mittel zwischen 10 und 20 Sekunden (Abbildung 40 unten). Die Überschreitungsdauern fallen bei der Baureihe BR423 deutlich geringer aus als bei den Baureihen BR143 bzw. BR401. Das könnte an der Zuglänge liegen. Die Baureihe BR423 ist mit 140 Metern deutlich kürzer als die BR143 bzw. BR401, die in der Regel eine Zuglänge von 400 Metern aufweisen. Fährt nun der Zug in einen Abschnitt ein, der laut Fahrplan mit einer höheren Geschwindigkeit befahren werden kann, muss der Zug dennoch vollständig den vorherigen Abschnitt verlassen haben, bevor er hochbeschleunigen darf. Sollte ein Tf zu früh hochbeschleunigen, dann fährt der Zug solange mit überhöhter Geschwindigkeit, wie sich das Zugende noch im vorherigen Abschnitt befindet. Daraus ergibt sich, dass die BR423 aufgrund der geringeren Zuglänge, den vorherigen Abschnitt auch früher verlässt.

Verhaltensmarkerbasierte Auswertung

Als Ergebnis der verhaltensmarkerbasierten Auswertung des Geschwindigkeitsverhaltens auf freier Strecke lässt sich festhalten, dass in über 90 Prozent aller freien Streckenabschnitte die Höchstgeschwindigkeit nicht überschritten wird (Abbildung 41 links). In lediglich zwei Prozent aller freien Streckenabschnitte wird die Höchstgeschwindigkeit deutlich, d.h. sicherheitsrelevant überschritten. Zwischen den einzelnen Baureihen gibt es keine Unterschiede im Geschwindigkeitsverhalten auf freier Strecke (Abbildung 41 rechts).

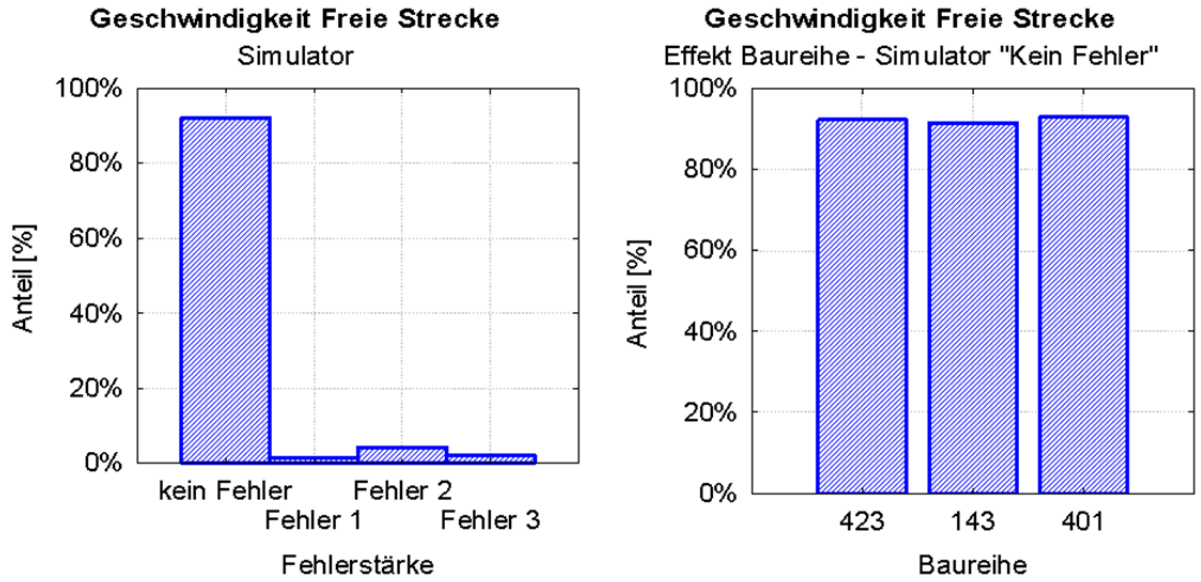


Abbildung 41: Gesamtübersicht (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten nach Fehlerkategorien zur Geschwindigkeit auf der freien Strecke.

Die Häufigkeit eines über die Auswertung der Simulatordaten detektierten Geschwindigkeitsverstoßes auf freier Strecke hängt in deutlichem Maße von dem spezifischen Fahrtabschnitt ab (Abbildung 42). So ist insbesondere der freie Streckenabschnitt auf dem Gegengleis zwischen Maisach und Nannhofen während der Fahrt 5 auffällig. Über 40 Prozent der Tf fahren in diesem Abschnitt deutlich zu schnell. Im Fahrplan ist die Geschwindigkeit für das Befahren des Gegengleises in diesem Abschnitt mit einer gesonderten Höchstgeschwindigkeit in spitzen Klammern ausgewiesen. Der Grund für die häufigen Überschreitungen könnte sein, dass die Tf den Klammervermerk zur korrekten Geschwindigkeit auf dem Gegengleis nicht beachten. Dieser schreibt eine erlaubte Höchstgeschwindigkeit von lediglich 100 km/h vor.

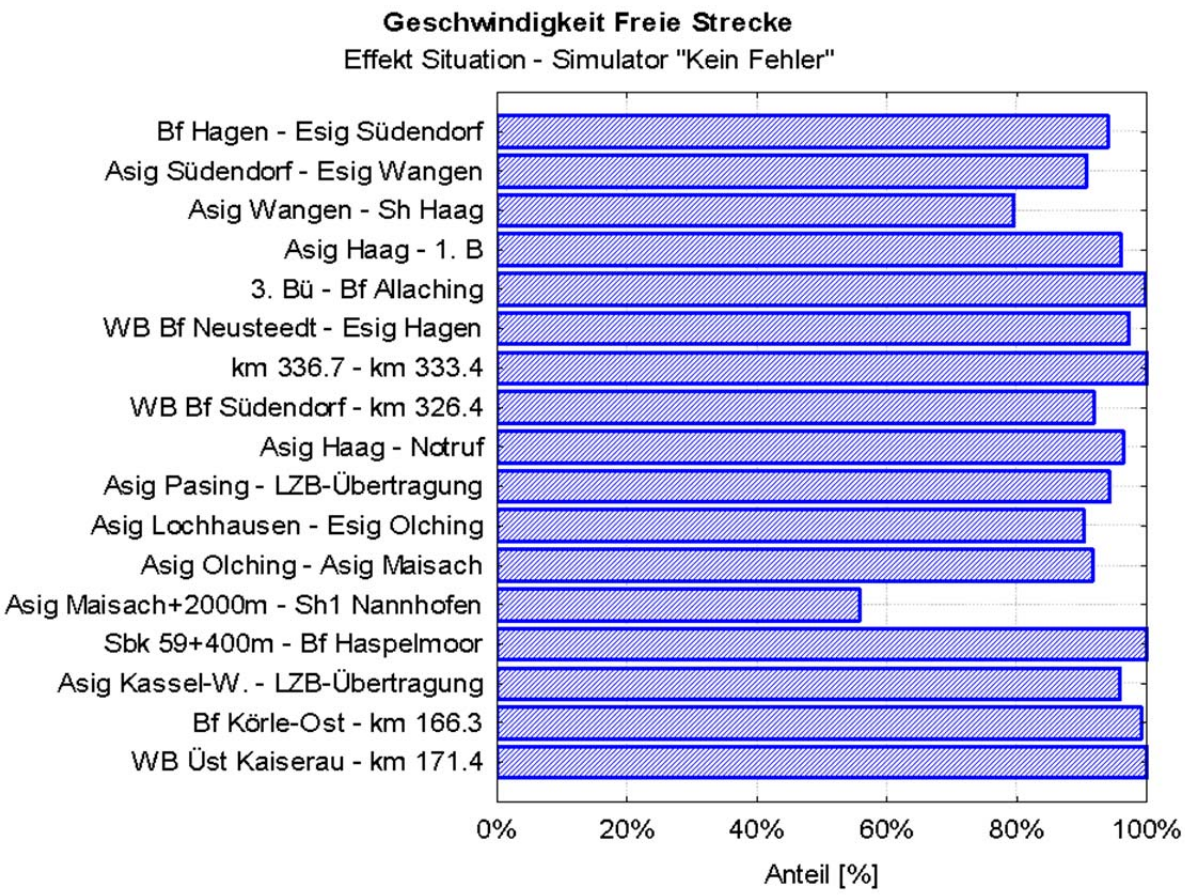


Abbildung 42: Effekt des Fahrtabschnitts auf die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten nach Fehlerkategorien zur Geschwindigkeit auf der freien Strecke.

Bei Betrachtung des Geschwindigkeitsverhaltens auf freier Strecke über mehrere Situationen hinweg zeigen sich deutliche Zusammenhänge. Die mittleren Geschwindigkeiten korrelieren in unterschiedlichen Fahrtabschnitten deutlich. In Fahrt 1 beträgt der höchste Zusammenhang r = .66, in Fahrt 3 r = .85, in Fahrt 5 r = .88 und in Fahrt 6 r = .81. Das bedeutet, dass bis zu 77 Prozent der Varianz der mittleren Geschwindigkeit in verschiedenen Fahrtabschnitten wechselseitig aufgeklärt werden. Dies ist ein deutlicher Hinweis, dass es Typen von Tf gibt, die eher schnell bzw. die eher vorsichtig fahren.

Vergleich des Instruktorurteils und der verhaltensmarkerbasierten Auswertung

Betrachtet man die Beurteilungsübereinstimmung zwischen den Instruktorurteilen und der verhaltensmarkerbasierten Auswertung der Simulatordaten (bzgl. des Geschwindigkeitsverhaltens auf freier Strecke), so erkennt man insgesamt eine Übereinstimmung von 86.6 Prozent (86.4 % + 0.1 % + 0.1 %). Die Auswertung der Simulatordaten liefert insgesamt etwas weniger Geschwindigkeitsfehler als die Instruktoren angeben (Abbildung 43 oben links). Daraus resultiert, dass die Instruktoren in wenigen Fällen Geschwindigkeitsfehler protokolliert haben, die nicht durch den Simulator detektiert wurden. Wenn die Instruktoren Geschwindigkeitsüberschreitungen notieren, dann handelt es sich fast ausschließlich um geringe bis mittlere Fehlerstärken. Die aus den Simulatordaten extrahierten Überschreitungen fallen hingegen meist in die Kategorie Fehlerstärke 2 oder 3.

Vergleicht man die Übereinstimmung zwischen Instruktorurteil und Simulationsdaten über die verschiedenen Überwachungsfahrten hinweg (Abbildung 43), dann wird deutlich, dass insbesondere während der Fahrt 3 vom Instruktor geringfügige Überschreitungen detektiert werden, die anhand der Simulatordaten nicht bestätigt werden können.

Eine mögliche Ursache für dieses Ergebnis liegt darin, dass am Simulator der Baureihe BR423 6.7 Prozent der Tf vom Geschäftsbereich Cargo kommen, aber mit den Zugdateneinstellungen von Personenverkehr fahren (Tabelle 22). Dies führt dazu, dass die zulässige Höchstgeschwindigkeit bei der verhaltensmarkerbasierten Auswertung zu hoch liegt und Geschwindigkeitsüberschreitungen dementsprechend nicht erkannt werden können.

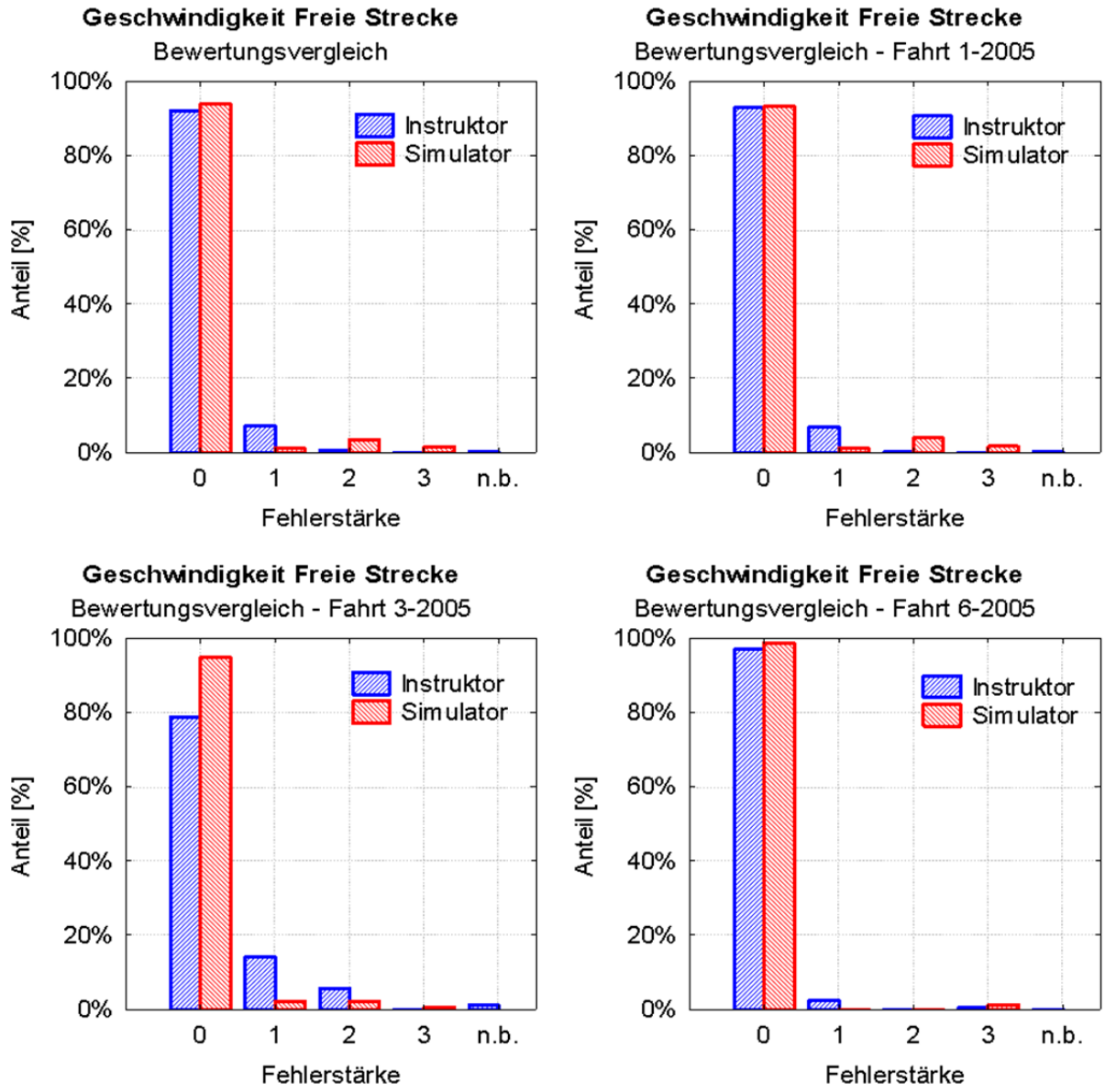


Abbildung 43: Gesamtvergleich (oben links) und fahrtspezifischer Vergleich (oben rechts, unten) der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Geschwindigkeitsverhalten der Tf auf freier Strecke.

Die geringere Häufigkeit der Geschwindigkeitsfehler bei Betrachtung der Simulatordaten basiert vor allem auf einem Effekt beim Simulator der Baureihe BR423 (Abbildung 44). Bei den Baureihen BR143 und BR401 werden vom Simulator Geschwindigkeitsfehler häufiger detektiert als von den beobachtenden Instruktoren. Über alle Baureihen hinweg zeigt sich, dass bei einer erkannten Geschwindigkeitsüberschreitung das Urteil der Instruktoren sehr milde ist (geringer Fehler), wohingegen durch Verrechnung der Simulatordaten meist ein mittlerer oder sicherheitsrelevanter Fehler erkannt wird.

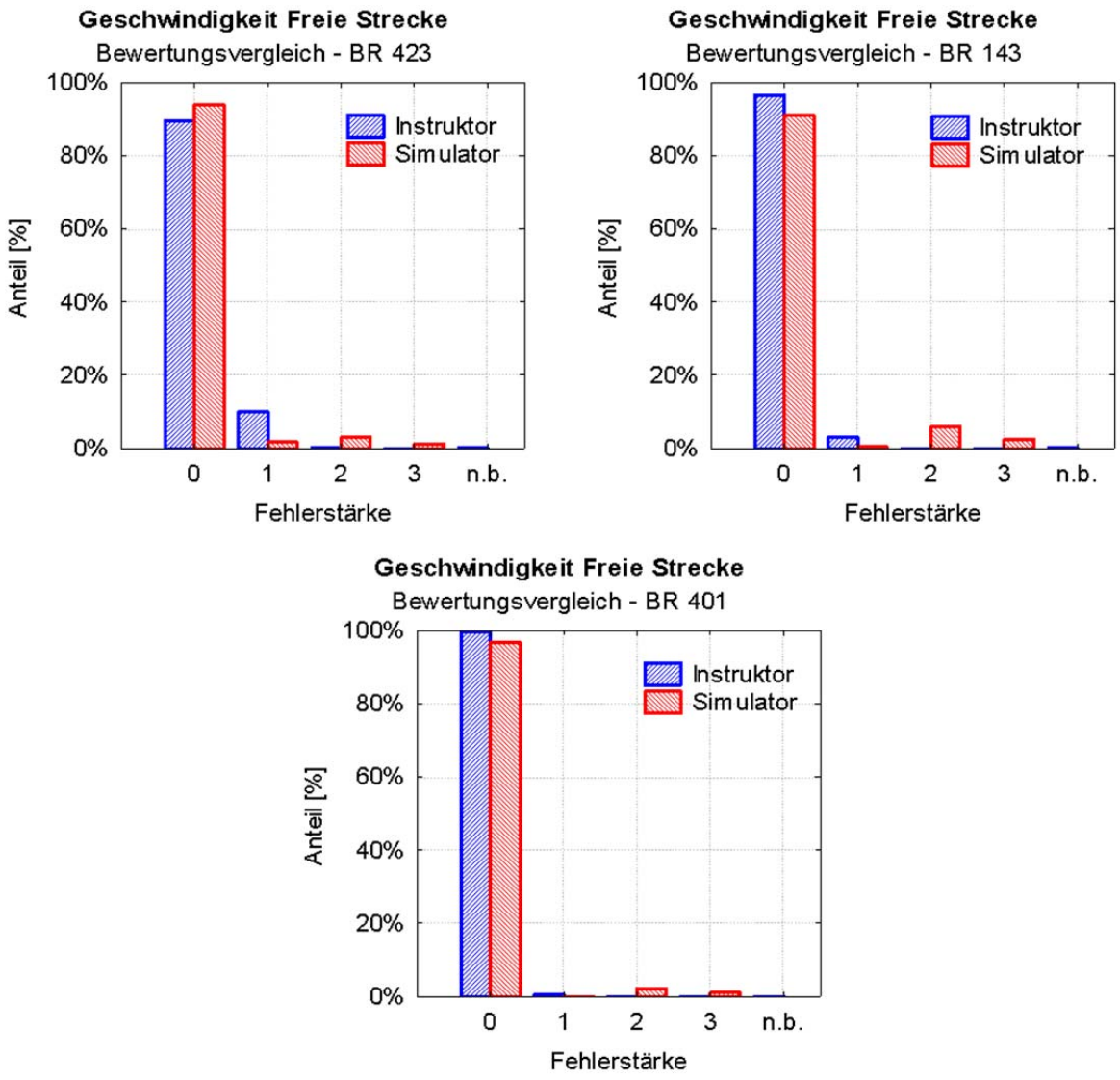


Abbildung 44: Baureihenspezifischer Vergleich der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Geschwindigkeitsverhalten der Tf auf freier Strecke (Grundlage für den Vergleich ist Fahrt 1).

9.3.2 Anschließender Weichenbereich / Langsamfahrt

Neben den freien Streckenabschnitten ist es aufgrund der während der Überwachungsfahrten geprüften betrieblichen Besonderheiten und Unregelmäßigkeiten häufiger notwendig, die Regelung zum anschließenden Weichenbereich zu beachten. Der anschließende Weichenbereich legt einen Streckenabschnitt fest, in dem mit einer definierten Höchstgeschwindigkeit (meist 40 km/h) zu fahren ist. Der anschließende Weichenbereich kann z.B. an einem Signal oder eine Weiche enden. Neben den anschließenden Weichenbereichen gibt es weitere Fahrtabschnitte, in denen langsamer zu fahren ist, z.B. wegen Langsamfahrt auf Hp 2. Die Fahrt 1 enthält zwei Abschnitte, in denen die Regel des anschließenden Weichenbereichs einzuhalten ist:

- Esig Südendorf - Asig Südendorf: 40 km/h
- Sh Haag - Asig Haag: 40 km/h

Die Fahrt 3 enthält vier anschließende Weichenbereiche:

- Bf Neusteedt - WB Bf Neusteedt: 40 km/h
- Esig Hagen - WB Bf Hagen: 40 km/h

- Asig Südendorf - WB Bf Südendorf: 40 km/h
- Esig Haag - Asig Haag: 50 km/h

Die Fahrt 5 enthält sechs anschließende Weichenbereiche bzw. Langsamfahrstellen (von denen vier Abschnitte im Protokollbogen zu zwei Items zusammengefasst werden):

- Bf München Pasing - Zs 10 Pasing: 60 km/h
- Zs 10 Pasing - Asig Pasing: 100 km/h (im Protokollbogen zusammen mit Bf München Pasing - Zs 10 Pasing beurteilt)
- Esig Olching - Asig Olching: 40 km/h
- Asig Maisach - Asig Maisach+2000m: 40 km/h
- Sh1 Nannhofen - Asig Nannhofen: 40 km/h
- Asig Nannhofen - Sbk 57: 80 km/h (im Protokollbogen zusammen mit Sh1 Nannhofen - Asig Nannhofen beurteilt)

Der Instruktor beurteilt lediglich vier Weichenbereichsabschnitte nach der gefahrenen Geschwindigkeit durch die Tf, da zwei Mal jeweils zwei Abschnitte für die Bewertung auf dem Protokollbogen zusammengefasst wurden. Die jeweils zusammengefassten Abschnitte umfassen zwei unterschiedliche Höchstgeschwindigkeiten, die sich aufgrund unterschiedlicher betrieblicher Vorschriften ergeben. Die Fahrt 6 enthält fünf anschließende Weichenbereiche bzw. Langsamfahrstellen:

- Bf Kassel-W. – Bf Kassel-W.: 80 km/h
- Bf Kassel-W. – Asig Kassel-W. : 40 km/h
- nach LZB-Übertragung – Bf Körle-Ost: 40 km/h
- km 166.3 – WB Üst. Kaiserau: 40 km/h
- km 171.4 – WB Üst. Wildsberg: 100 km/h

Beurteilung durch den Instruktor

Die Instruktoren registrieren kaum Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit im Weichenbereich bzw. in den Langsamfahrtabschnitten (Abbildung 45 links).

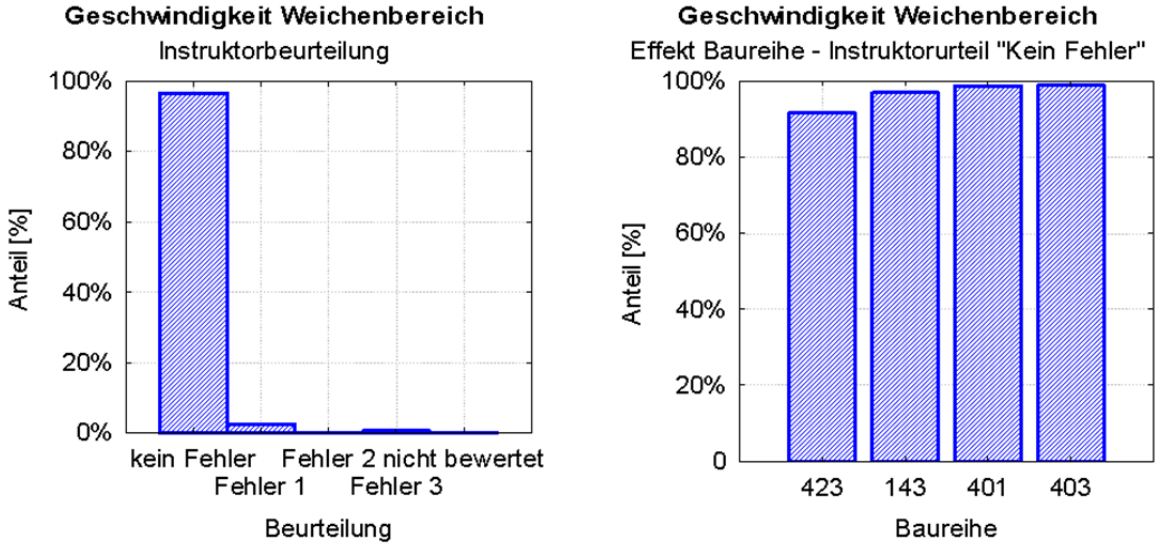


Abbildung 45: Gesamturteil (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf das Instruktorurteil zur Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich oder in Langsamfahrtabschnitten.

Wenn eine Überschreitung beobachtet wird, dann geben die Instruktoren meist eine geringe Fehlerstärke an. Nur in durchschnittlich 0.6 Prozent der Weichenbereiche fährt ein Tf deutlich, d.h. sicherheitsrelevant zu schnell. Von der Kategorie „nicht bewertet" machen die Instruktoren nahezu keinen Gebrauch.

Die Simulatorbaureihe hat einen ähnlichen Einfluss auf das Instruktorurteil wie auf der freien Strecke (Abbildung 45 rechts). An der Baureihe BR423 werden die meisten Überschreitungen des Geschwindigkeitslimits im Weichenbereich protokolliert.

Die Beurteilung des Geschwindigkeitsverhaltens im Weichenbereich bzw. in Langsamfahrtabschnitten hängt vom betrachteten Fahrtabschnitt ab (Abbildung 46). So überschreiten nach Angabe der Instruktoren etwa 13 Prozent der Tf die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Weichenbereich des Bf Neusteedt (Fahrt 3). In einer Reihe anderer anschließender Weichenbereiche verhalten sich jedoch nahezu alle Tf fehlerfrei.

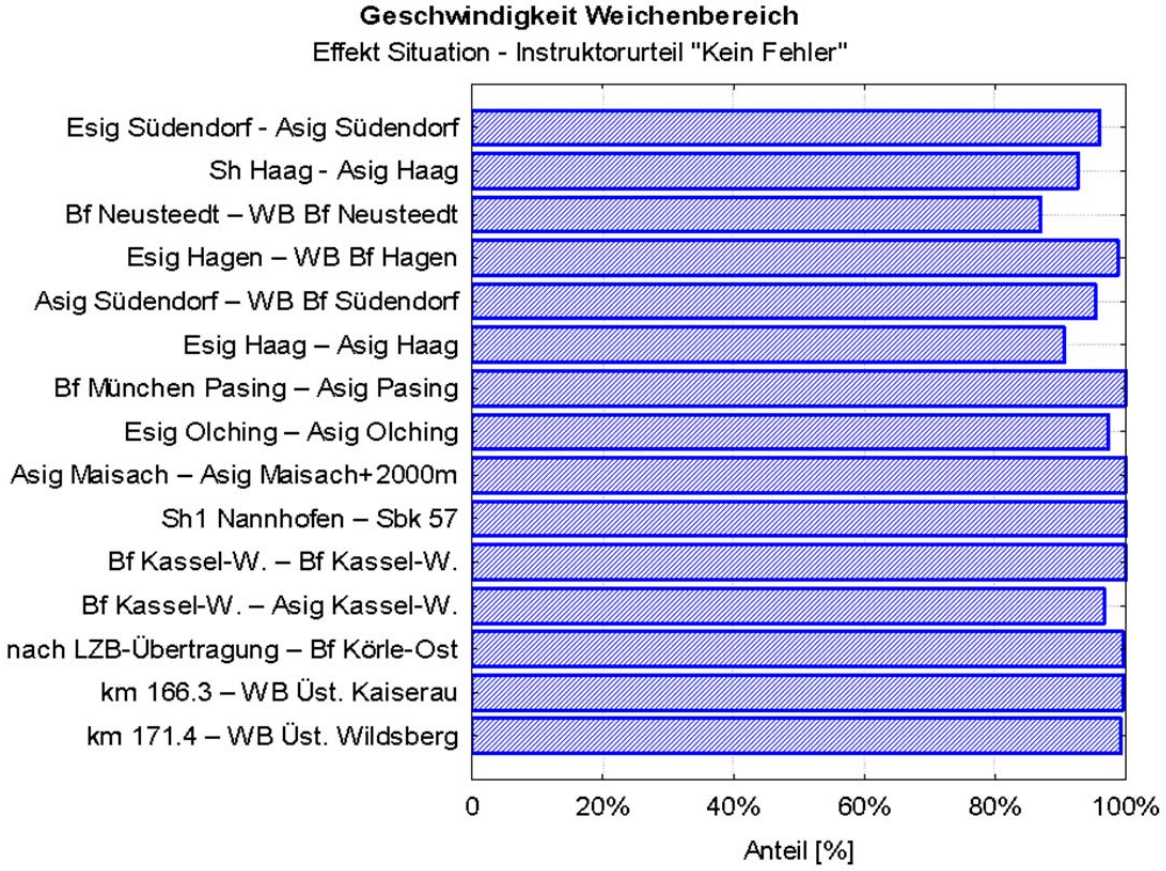


Abbildung 46: Effekt des Fahrtabschnitts auf das Instruktorurteil zur Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich oder in Langsamfahrtabschnitten.

Verhaltensmarkerbasierte Auswertung

Tabelle 25 stellt die aus den Simulatordaten extrahierten Geschwindigkeitsparameter im anschließenden Weichenbereich bzw. in Langsamfahrtabschnitten in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe dar.

Tabelle 25: Geschwindigkeitsparameter im anschließenden Weichenbereich oder bei Langsamfahrt in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe.

Parameter	BR	N	Mittel-wert	Std.-abw.	Min	Max
Höchstgeschwindigkeit [km/h]	423	1302	41.3	7.0	30.5	94.3
	143	577	40.8	8.2	31.0	93.8
	401	174	41.1	7.4	32.1	72.3
mittlere Geschwindigkeit [km/h]	423	1302	35.1	3.2	24.2	55.3
	143	577	35.3	4.2	25.4	68.2
	401	174	33.9	3.3	25.6	46.6
Dauer der Überschreitung [s]	423	434	9.5	10.3	0.1	47.9
	143	124	17.1	13.8	0.1	54.5
	401	69	19.4	15.0	0.1	59.0

Die gefahrenen Höchst- bzw. mittleren Geschwindigkeiten unterscheiden sich zwischen den Baureihen kaum (Abbildung 47 oben). Dies ist nachvollziehbar, da in langsameren Fahrtabschnitten weder das Beschleunigungsvermögen der Baureihe noch der Anteil von Cargo- bzw. Personenverkehrsfahrten einen Einfluss hat. Wenn der Tf die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit im Weichenbereich überschreitet, dann hat die gefahrene Baureihe einen Einfluss auf die Dauer dieser Überschreitung (Abbildung 47 unten). Tf, die in der BR423 unterwegs sind, überschreiten das Limit deutlich kürzer. Wie schon bei der Betrachtung der Geschwindigkeitsüberschreitungen auf der freien Strecke, ist der entscheidende Faktor hier die Zuglänge. Die meisten Geschwindigkeitsüberschreitungen im anschließenden Weichenbereich resultieren daraus, dass der Tf den Zug zu früh hochbeschleunigt. Es gilt hier in aller Regel die Formulierung *„letzte Achse, letzte Weiche“*, der Zug muss also in vollem Umfang den Weichenbereich verlassen haben. Ist der Zug kürzer, verlässt der Zug den Weichenbereich mit seiner vollen Länge auch entsprechend früher und bewegt sich bei Überschreitung der Geschwindigkeit für eine kürzere Zeitdauer über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

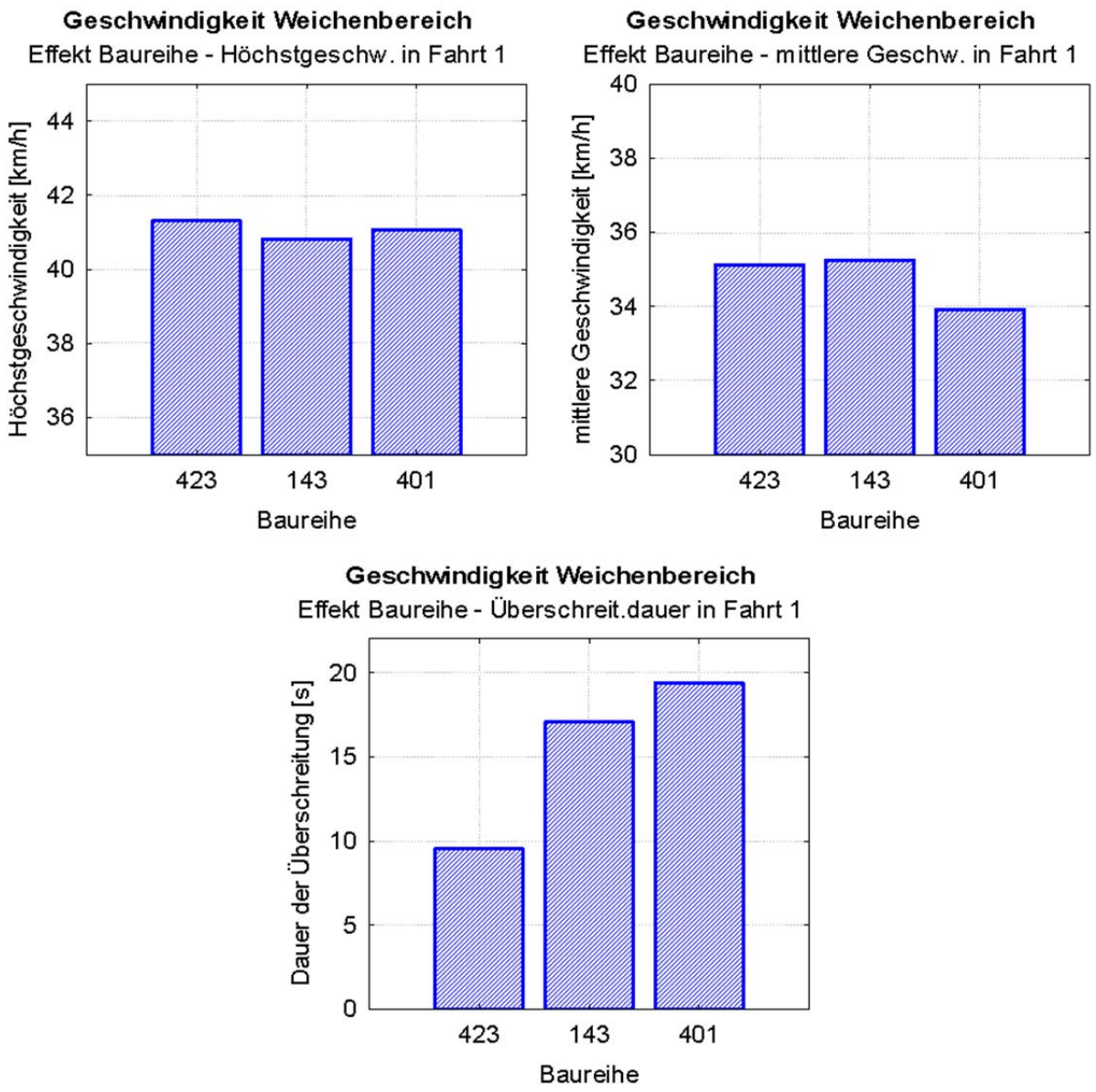


Abbildung 47: Effekt der Simulatorbaureihe auf die Höchstgeschwindigkeit (oben links), die mittlere Geschwindigkeit (oben rechts) und die Überschreitungsdauer im anschließenden Weichenbereich oder in Langsamfahrtabschnitten in Fahrt 1.

In 75 Prozent aller Weichenbereichs- bzw. Langsamfahrtabschnitte fährt der Tf mit einer korrekten Geschwindigkeit (Abbildung 45 links). Das bedeutet, dass insgesamt in jedem vierten Fahrtabschnitt zu schnell gefahren wird. In etwa sieben Prozent der Weichenbereiche bzw. Langsamfahrtabschnitte fahren die Tf sicherheitsrelevant zu schnell. Relativ mehr Geschwindigkeitsverstöße werden mit den Baureihen BR423 und BR401 im Vergleich zur BR143 begangen (Abbildung 45 rechts).

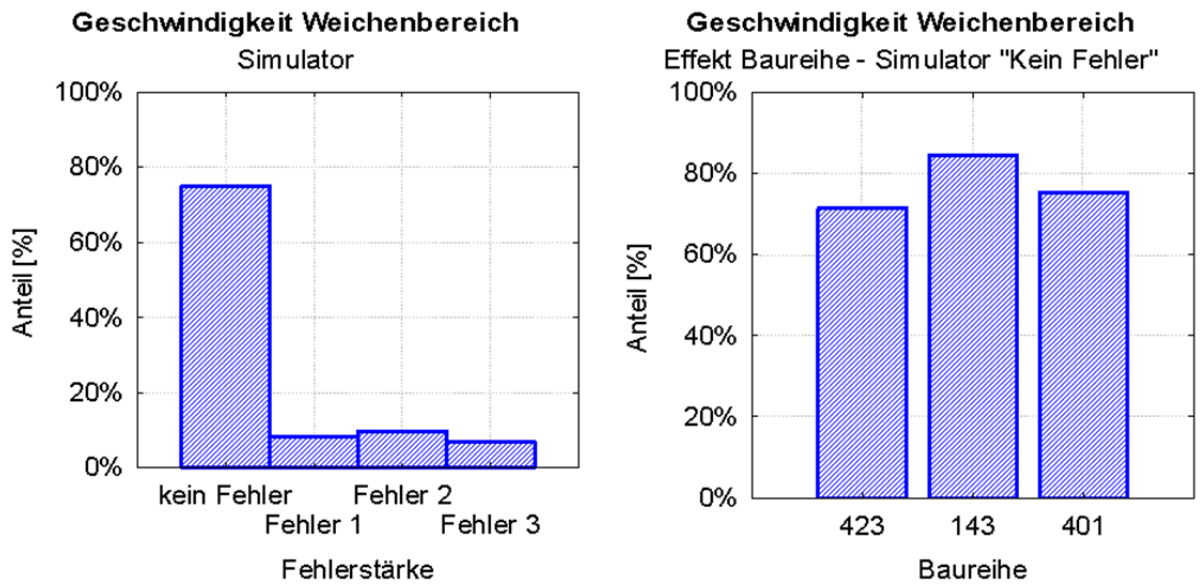


Abbildung 48: Gesamtübersicht (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten nach Fehlerkategorien zur Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich oder in Langsamfahrtabschnitten.

Die Häufigkeit eines über die Auswertung der Simulatordaten detektierten Geschwindigkeitsverstoßes hängt in deutlichem Maße von dem spezifischen Fahrtabschnitt ab (Abbildung 49). So wird in dem Weichenbereich im Bf Neusteedt während der Fahrt 3 ebenso wie in dem Weichenbereich im Bf Olching während der Fahrt 5 die Geschwindigkeit häufig überschritten. In anderen Abschnitten kommt es hingegen fast nie zu einer Verletzung des Geschwindigkeitslimits.

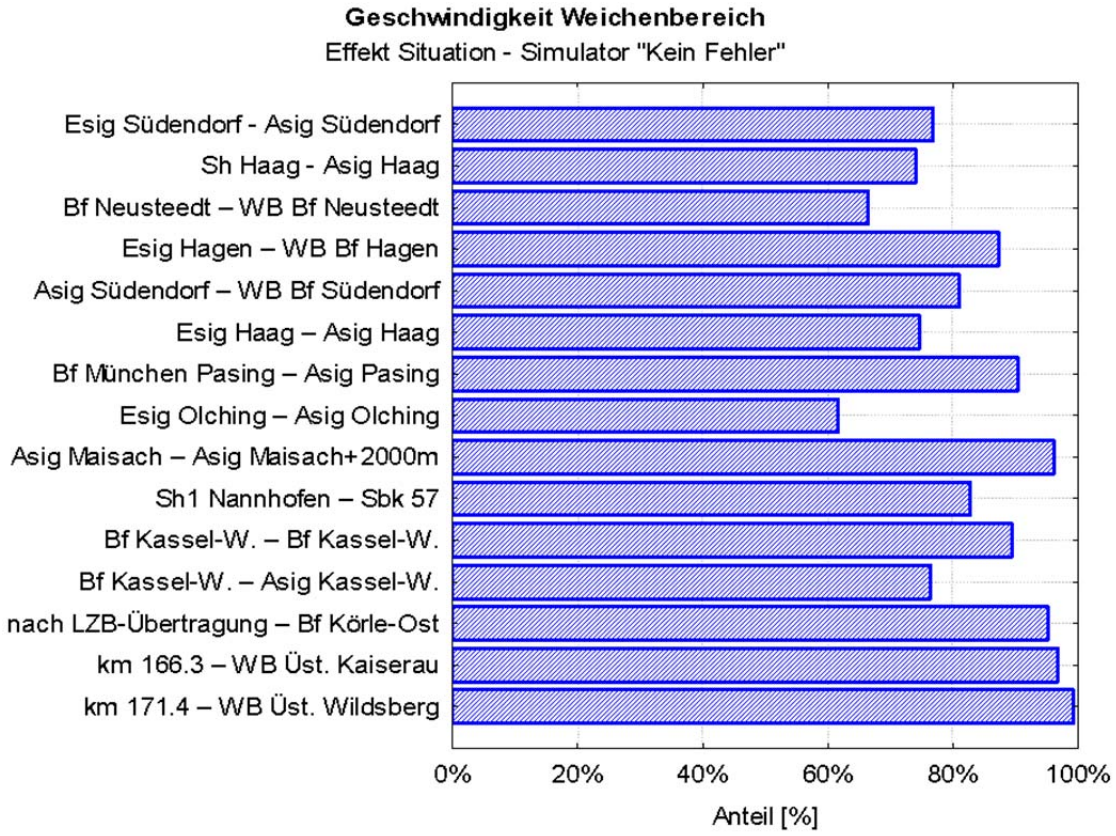


Abbildung 49: Effekt des Fahrtabschnitts auf die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten nach Fehlerkategorien zur Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich oder in Langsamfahrtabschnitten.

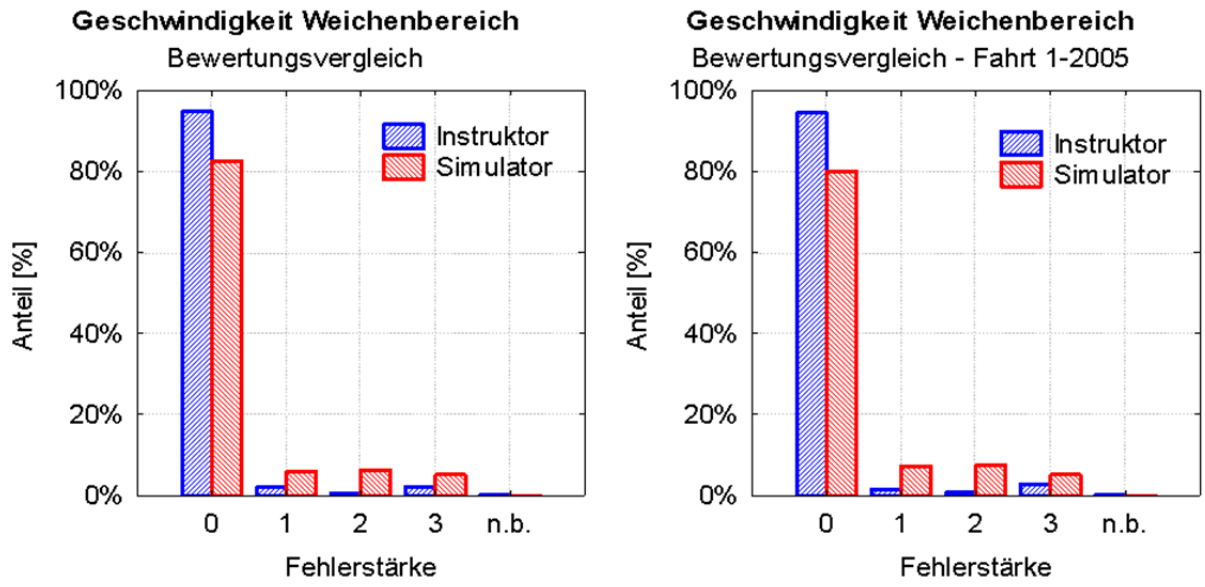
Bei Betrachtung des Geschwindigkeitsverhaltens im Weichenbereich bzw. in Langsamfahrtabschnitten über mehrere Situationen einer Fahrt hinweg, zeigen sich einige signifikante Korrelationen, die jedoch geringer ausfallen als die Zusammenhänge auf freier Strecke (Fahrt 1: r=0.26 – r=0.31; Fahrt 3: r=0.23 – r=0.62; Fahrt 5: r=0.40 – r=0.68; Fahrt 6: r=0.29 – r=0.48). Dies deutet darauf hin, dass in den Weichenbereichsabschnitten die situativen Einflussgrößen auf das Geschwindigkeitsverhalten beträchtlich größer sind als auf freier Strecke.

Vergleich des Instruktorurteils und der verhaltensmarkerbasierten Auswertung

Bezogen auf das Geschwindigkeitsverhalten im anschließenden Weichenbereich bzw. in Langsamfahrtabschnitten beträgt die Übereinstimmung zwischen Instruktorurteil und verhaltensmarkerbasierter Auswertung der Simulatordaten 81.4 Prozent. Das ist eine geringere Übereinstimmung im Gegensatz zu den Geschwindigkeitsabschnitten auf freier Strecke. Auch die Richtung der Abweichung ist verschieden. Die Auswertung der Simulatordaten liefert mehr Geschwindigkeitsfehler als die Instruktoren angeben (Abbildung 50 oben links). In 14.5 Prozent aller Weichenbereichs- bzw. Langsamfahrtabschnitte kommt es zu Geschwindigkeitsüberschreitungen durch den Tf, die vom Instruktor nicht erkannt werden. In vier Prozent der Abschnitte wird ein sicherheitsrelevanter Geschwindigkeitsverstoß vom Instruktor nicht erkannt oder mit einer zu geringen Fehlerstärke belegt.

Einen mittelschweren Fehler (Fehlerstärke 2) geben die Instruktoren fast nie an. Vermutlich weil die Kombination aus Höhe und Dauer der Überschreitung sehr schwer zu beobachten ist. Die auf der Simulatorauswertung beruhenden Überschreitungen verteilen sich mit nahezu gleicher Häufigkeit auf die drei Fehlerstärken.

Vergleicht man die Übereinstimmung zwischen Instruktor- und Verhaltensmarkerurteil zwischen den verschiedenen Überwachungsfahrten (Abbildung 50 oben rechts, unten), dann wird deutlich, dass die Übereinstimmung bezüglich der Fahrt 6 deutlich höher ist als in den PZB-Fahrten. Verantwortlich dafür ist der geringe Anteil von Geschwindigkeitsfehlern im Weichenbereich während dieser Fahrt.



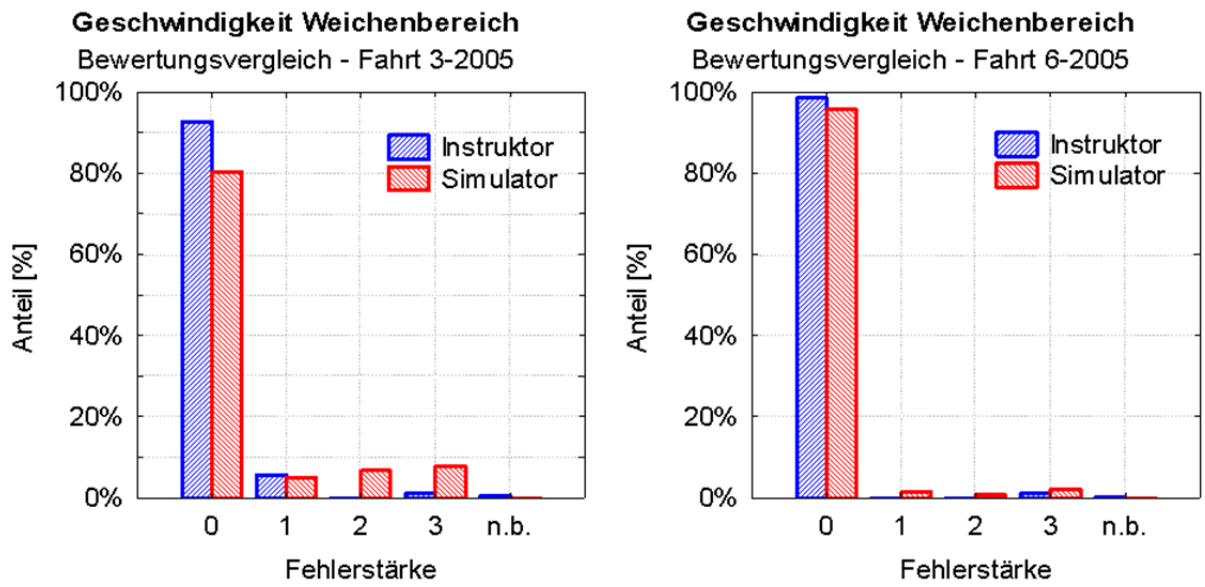
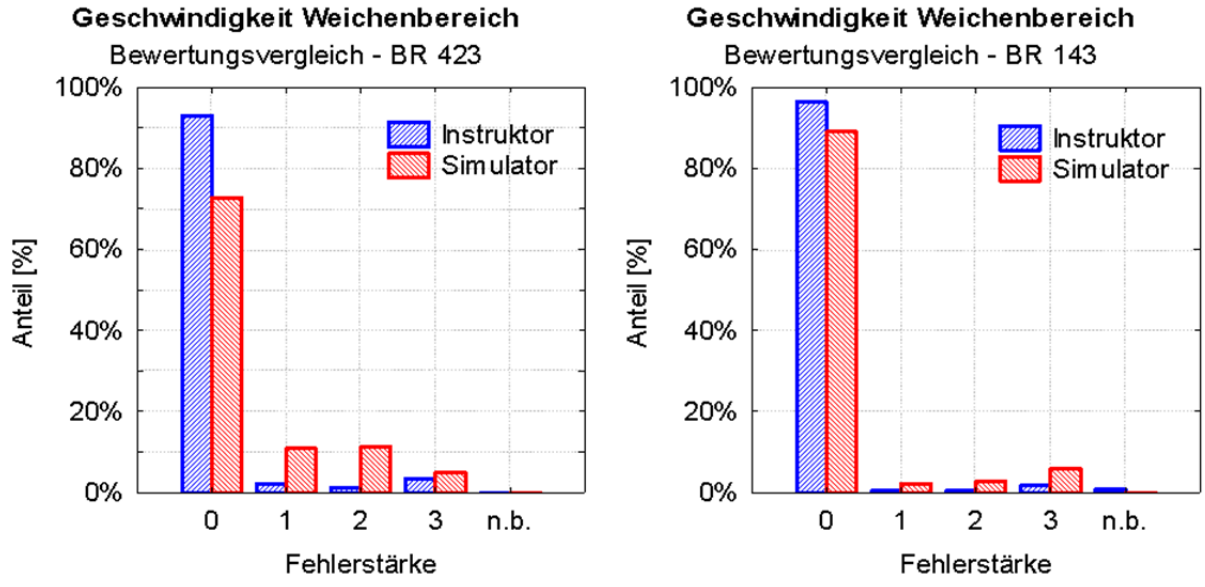


Abbildung 50: Gesamtvergleich (oben links) und fahrtspezifischer Vergleich (oben rechts, unten) der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Geschwindigkeitsverhalten der Tf im anschließenden Weichenbereich bzw. in Langsamfahrtabschnitten.

Betrachtet man die baureihenspezifischen Unterschiede zwischen Instruktorurteil und Simulatordaten der Fahrt 1, so erkennt man, dass die Differenzen beim Simulator der BR423 beträchtlich größer sind als an den Baureihen BR143 und BR401 (Abbildung 51).



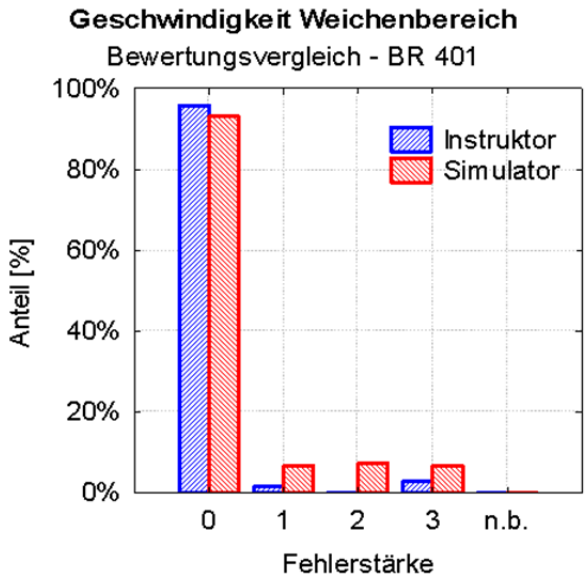


Abbildung 51: Baureihenspezifischer Vergleich der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Geschwindigkeitsverhalten der Tf im anschließenden Weichenbereich bzw. in Langsamfahrtabschnitten (Grundlage für den Vergleich ist Fahrt 1).

An der Baureihe BR423 werden Geschwindigkeitsfehler vom Simulator häufiger detektiert als an den anderen beiden Baureihen. Über die Gründe für die häufigeren Geschwindigkeitsfehler können nur Vermutungen angestellt werden: Zum einen ist das Beschleunigungsvermögen der BR423 sehr hoch. Beschleunigen die Tf im Weichenbereich zu früh hoch, dann ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass das Geschwindigkeitslimit deutlich überschritten wird.

Zum anderen könnten aber auch baureihenspezifische Diskrepanzen zwischen der Analoganzeige der Geschwindigkeit im Führerraum und den abgespeicherten Simulatordaten zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden. Ein entsprechender Vergleich der Analoganzeige mit den aufgezeichneten Daten ergab zumindest für die BR423 keinen Unterschied. Ein entsprechender Vergleich müsste vor einer Anwendung einer teilautomatisierten Auswertung im Serienbetrieb an jeder Simulatorbaureihe vorgenommen werden (vgl. Abschnitt 7.2.3). Schließlich könnte auch die unterschiedliche Verteilung der Tf-Gruppen (Nahverkehr, Fernverkehr, Railion, S-Bahn) an den einzelnen Simulatorbaureihen einen Einfluss haben.

9.3.3 Fahren auf Sicht

Die Überwachungsfahrten enthalten Fahrtabschnitte, in denen das sogenannte *Fahren auf Sicht* vorgeschrieben ist. Wenn der Tf auf Sicht fahren muss, darf er je nach Sichtverhältnissen nur so schnell fahren, dass der Zug jederzeit vor einem Hindernis oder einem Signal zum Halt kommen kann. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt maximal 40 km/h bei guter Sicht, bei schlechten Sichtverhältnissen wie bei Dunkelheit oder Nebel beträgt die Höchstgeschwindigkeit maximal 15 km/h. Wenn der Tf bis zu einem Hauptsignal auf Sicht fahren muss, dann muss er noch 400 Meter über das Signal hinaus die reduzierte Geschwindigkeit einhalten (vgl. KoRil 408.0561).

Die Überwachungsfahrten Fahrt 1, Fahrt 5 und Fahrt 6 enthalten jeweils einen Streckenabschnitt, in dem auf Sicht gefahren werden muss.

- Fahrt 1: Esig Wangen – Asig Wangen: 40 km/h
- Fahrt 5: Sbk 57 – Sbk 59: 40 km/h
- Fahrt 6: Bf Körle-Ost: 15 km/h (Weisung BW-P-01-2002 zur Höchstgeschwindigkeit

Beurteilung durch den Instruktor

Eine Überschreitung der Geschwindigkeit führt in der Situation „Fahren auf Sicht“ automatisch zu einem sicherheitsrelevanten Verstoß, unabhängig von der Höhe und der Dauer der Überschreitung. Die Instruktoren registrieren kaum Überschreitungen der zulässigen Maximalgeschwindigkeit beim Fahren auf Sicht (Abbildung 52 links). In 1.8 Prozent aller Fälle fährt ein Tf sicherheitsrelevant zu schnell. Von der Kategorie „nicht bewertet“ machen die Instruktoren nahezu keinen Gebrauch.

Die Simulatorbaureihe hat keinen großen Einfluss auf das Instruktorurteil beim Fahren auf Sicht (Abbildung 52 rechts). Allerdings werden an den Baureihen BR423 und BR143 etwas häufiger Überschreitungen der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit beim Fahren auf Sicht protokolliert.

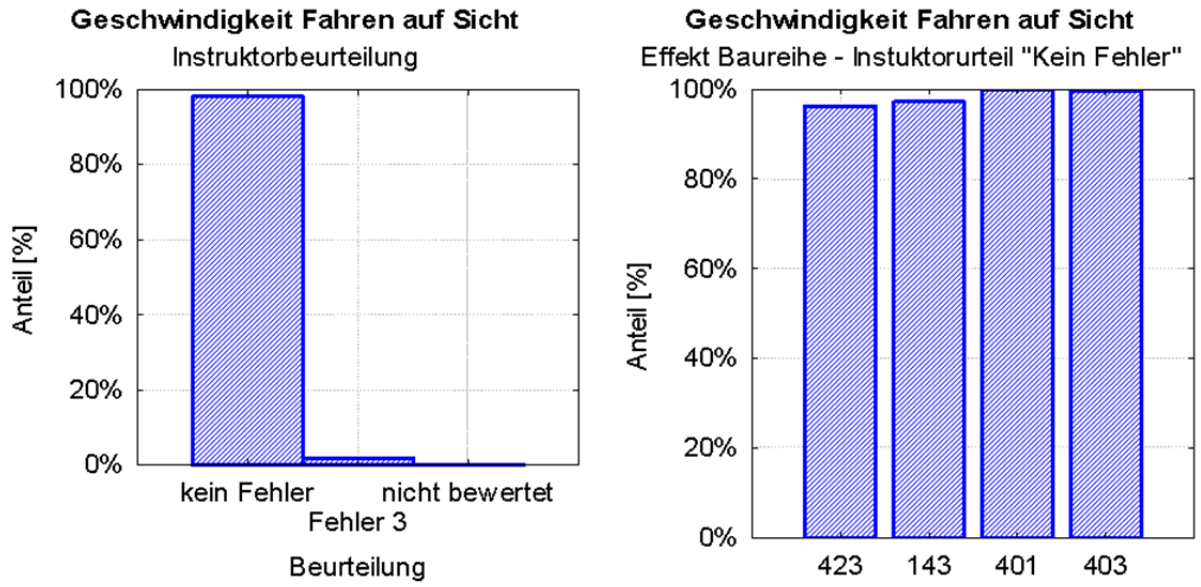


Abbildung 52: Gesamturteil (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf das Instruktorurteil zur Geschwindigkeit beim Fahren auf Sicht.

Damit ergibt sich zwangsläufig, dass die Beurteilung des Geschwindigkeitsverhaltens beim Fahren auf Sicht in der PZB-Fahrt (Fahrt 1) kritischer ausfällt (Abbildung 53). Nach Angabe der Instruktoren gelingt den Tf während der Fahrt 5 und Fahrt 6 das Fahren auf Sicht fehlerfrei.

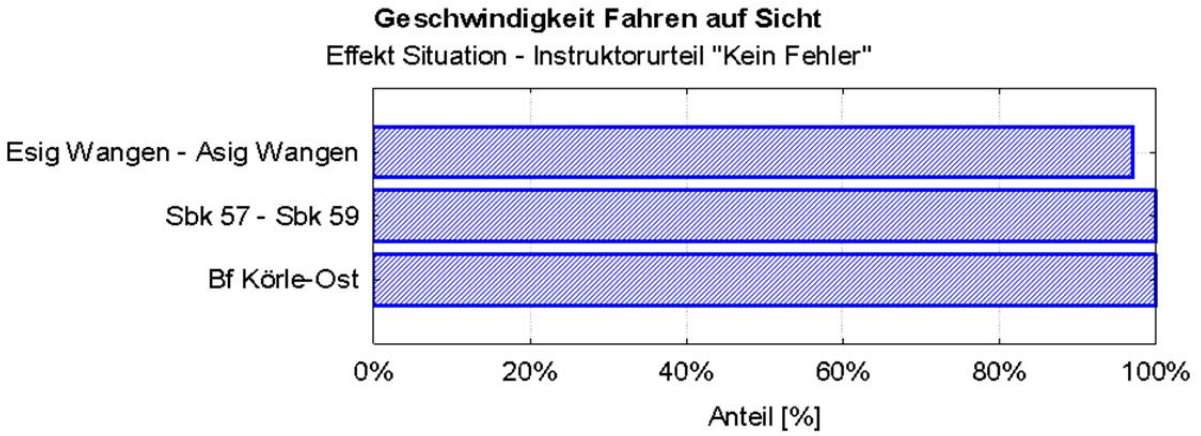


Abbildung 53: Effekt des Fahrtabschnitts auf das Instruktorurteil zur Geschwindigkeit beim Fahren auf Sicht.

Verhaltensmarkerbasierte Auswertung

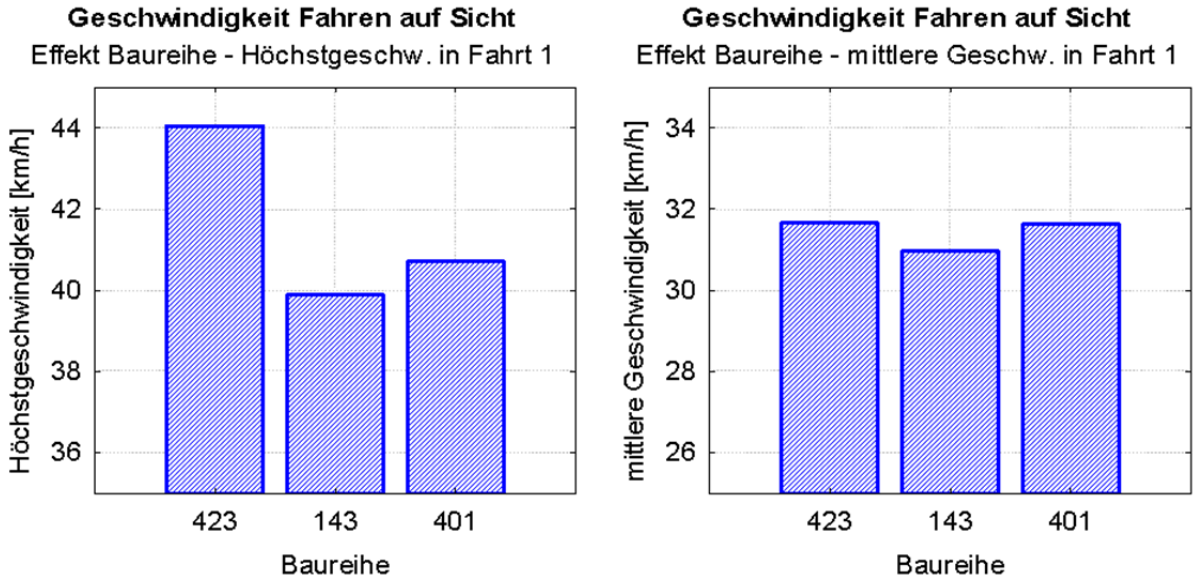
Tabelle 26 stellt die aus den Simulatordaten extrahierten Geschwindigkeitsparameter beim Fahren auf Sicht in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe dar.

Tabelle 26: Geschwindigkeitsparameter beim Fahren auf Sicht in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe.

Parameter	BR	N	Mittel-wert	Std.-abw.	Min	Max
Höchstgeschwindigkeit [km/h]	423	651	44.1	11.6	21.9	98.4
	143	290	39.9	9.6	22.1	94.6
	401	87	40.7	5.7	28.7	60.8
mittlere Geschwindigkeit [km/h]	423	651	31.7	3.9	16.9	46.8
	143	290	31.0	4.4	16.6	41.6
	401	87	31.6	3.6	22.3	40.7
Dauer der Überschreitung [s]	423	320	10.2	11.1	0.0	61.2
	143	77	16.8	16.9	0.1	95.4
	401	40	19.8	17.8	0.1	78.0

Die gefahrenen mittleren Geschwindigkeiten beim Fahren auf Sicht unterscheiden sich zwischen den Baureihen kaum, die Höchstgeschwindigkeiten jedoch durchaus (Abbildung 54 oben). Beschleunigt ein Tf den Zug zu früh hoch und wartet nicht die 400 Meter nach dem Asig Wangen ab, dann führt das hohe Beschleunigungsvermögen der BR423 zu entsprechend höheren Maximalgeschwindigkeiten.

Wenn der Tf das Geschwindigkeitslimit beim Fahren auf Sicht überschreitet, dann hat die gefahrene Baureihe einen Einfluss auf die Dauer dieser Überschreitung (Abbildung 54 unten).



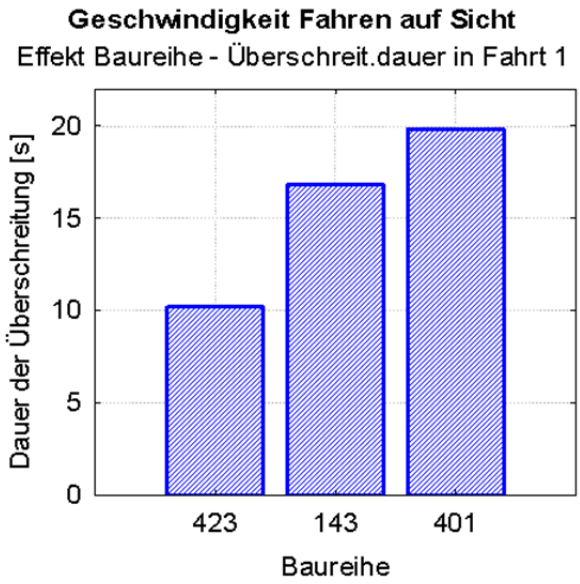


Abbildung 54: Effekt der Simulatorbaureihe auf die Höchstgeschwindigkeit (oben links), die mittlere Geschwindigkeit (oben rechts) und die Überschreitungsdauer beim Fahren auf Sicht in Fahrt 1.

Lediglich in 55 Prozent aller Abschnitte, in denen der Tf auf Sicht fahren muss, tut er dies mit der korrekten Geschwindigkeit (Abbildung 55 links). Den Tf fällt es äußerst schwer, über den gesamten vorgeschriebenen Streckenabschnitt (bis 400 Meter hinter dem Signal) unter der vorgeschriebenen Maximalgeschwindigkeit von 40 km/h bzw. 15 km/h zu bleiben.

Die Tf, die mit der BR143 unterwegs sind, begehen im Verhältnis zu den anderen Baureihen weniger Geschwindigkeitsverstöße beim Fahren auf Sicht (Abbildung 55 rechts).

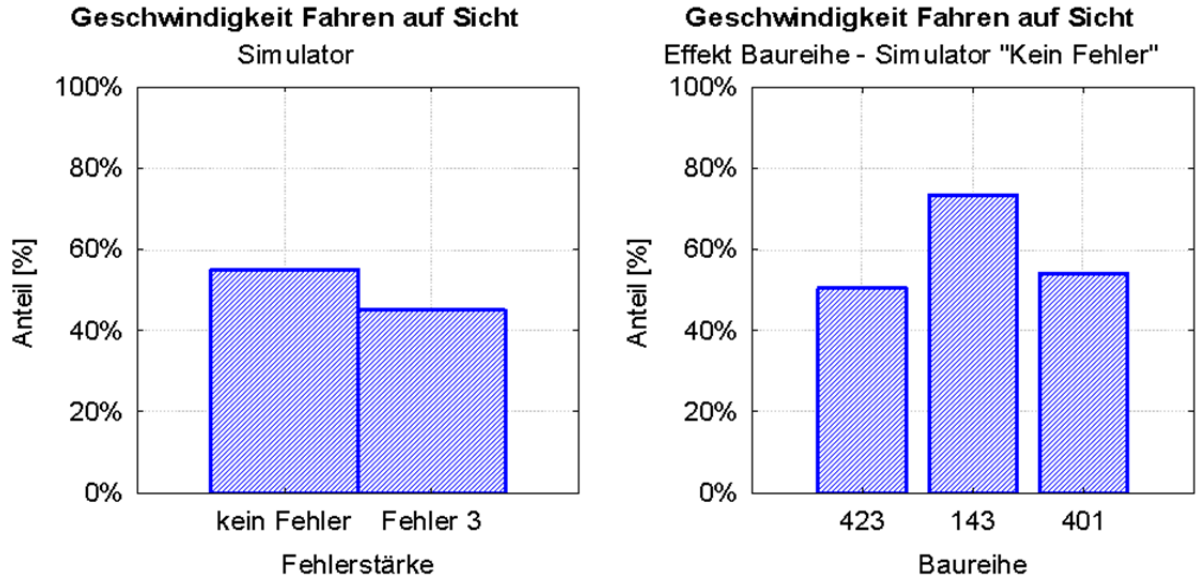


Abbildung 55: Gesamtübersicht (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf die verhaltensmarker-basierte Auswertung der Simulatordaten nach Fehlerkategorien zur Geschwindigkeit beim Fahren auf Sicht.

Die Häufigkeit eines Geschwindigkeitsverstoßes beim Fahren auf Sicht ist abhängig von der spezifischen Situation (Abbildung 56). Zwar liegt der Anteil korrekten Verhaltens immer unter 60 Prozent, doch in Fahrt 5 sinkt dieser Anteil sogar auf unter 30 Prozent.

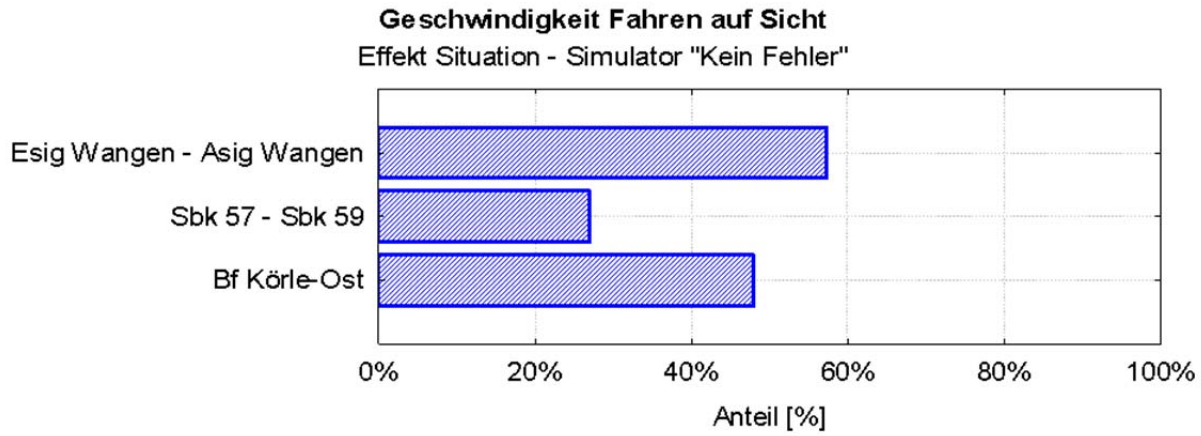
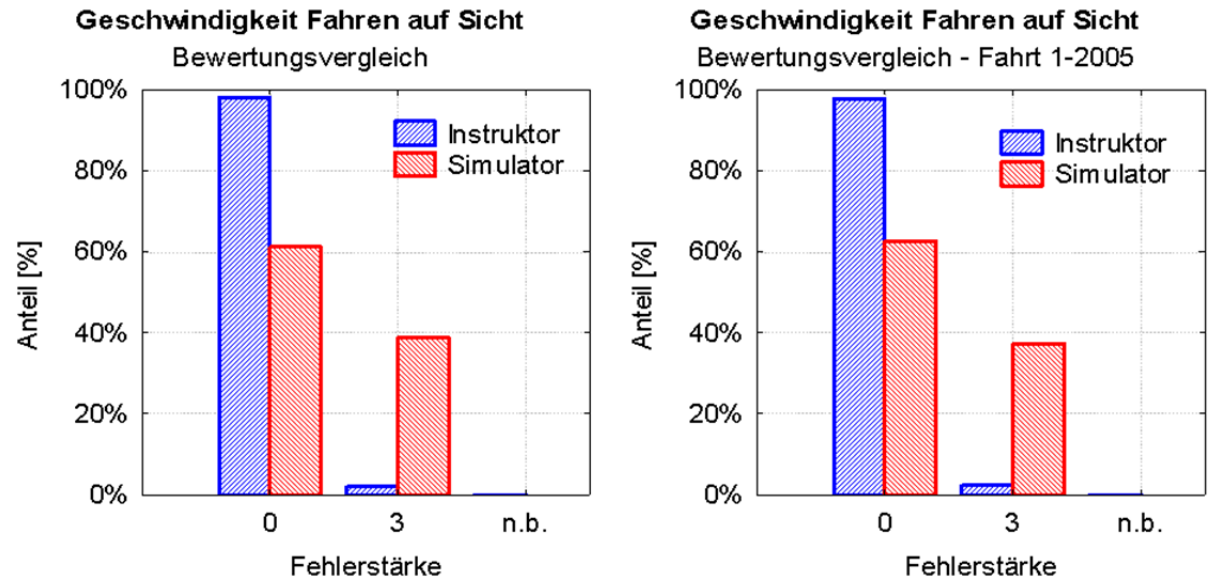


Abbildung 56: Effekt des Fahrtabschnitts auf die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten nach Fehlerkategorien zur Geschwindigkeit beim Fahren auf Sicht.

Vergleich des Instruktorurteils und der verhaltensmarkerbasierten Auswertung

Bei der Beurteilung des Fahrens auf Sicht ist die Übereinstimmung zwischen Instruktorbeobachtung und verhaltensmarkerbasierter Auswertung der Simulatordaten sehr viel geringer als beim Fahren auf freier Strecke oder im anschließenden Weichenbereich. Die Gesamtübereinstimmung beträgt lediglich 60.3 Prozent. Die wenigsten vom Simulator detektierten Geschwindigkeitsfehler werden von den Instruktoren beobachtet. Während die Simulatordaten knapp 40 Prozent Geschwindigkeitsverstöße beim Fahren auf Sicht registrieren, geben die Instruktoren einen sehr viel geringeren Wert von zwei Prozent an (Abbildung 57 oben links). Auch eine fahrtspezifische Auswertung ändert an diesem Bild nichts (Abbildung 57 oben rechts, unten).



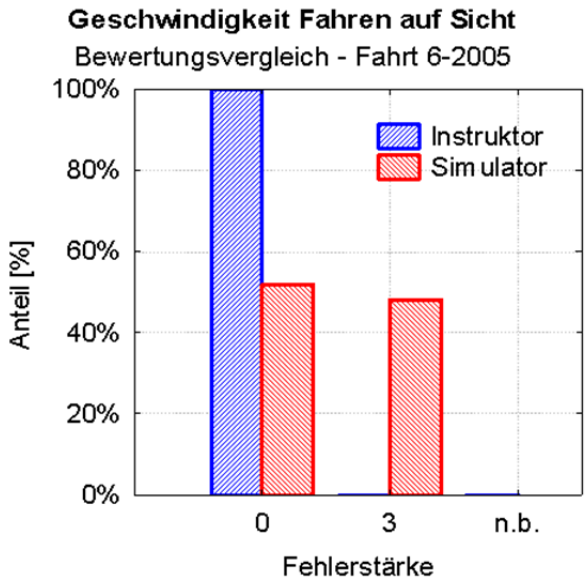
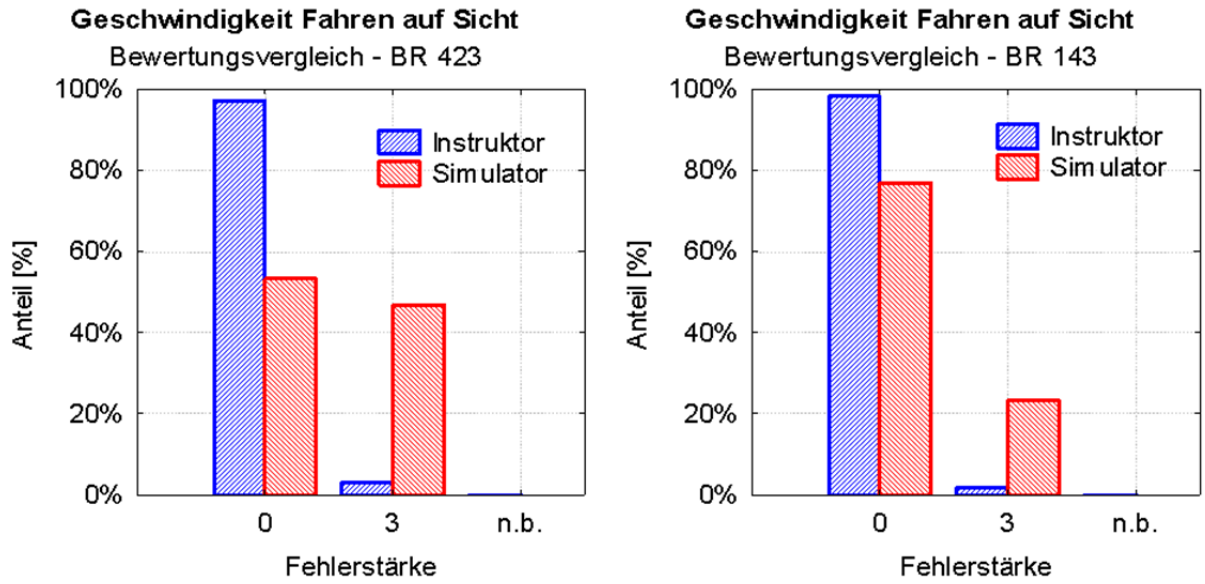


Abbildung 57: Gesamtvergleich (oben links) und fahrtspezifischer Vergleich (oben rechts, unten) der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Geschwindigkeitsverhalten der Tf beim Fahren auf Sicht.

Bezüglich der Fahrt 1 sind die Beurteilungsdifferenzen am Simulator der BR423 größer als an den beiden anderen Simulatorbaureihen (Abbildung 58). Während sich das Beurteilungsverhalten der Instruktoren nicht ändert, werden am Simulator der BR423 häufiger Geschwindigkeitsfehler beim Fahren auf Sicht detektiert. Als naheliegender Grund gilt wiederum das höhere Beschleunigungsvermögen der Baureihe BR423.



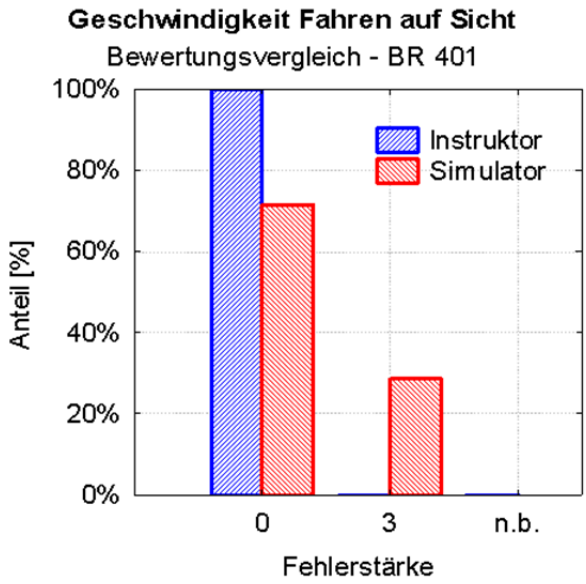


Abbildung 58: Baureihenspezifischer Vergleich der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Geschwindigkeitsverhalten der Tf beim Fahren auf Sicht (Grundlage für den Vergleich ist Fahrt 1).

9.4 Bremsverhalten

Neben dem Geschwindigkeitsverhalten ist insbesondere das Bremsverhalten des Tf während der Überwachungsfahrt von elementarer Bedeutung. Im Rahmen der Überwachungsfahrten sind es vor allem Zwangsbremsungen, die vom Tf mit Hilfe einer Schnellbremsung und gleichzeitigem Sanden unterstützt werden müssen, um einen so geringen Bremsweg wie möglich zu erreichen. Dieses Bremsmanöver ist auch im Falle eines Notrufs möglichst schnell einzuleiten.

In der Fahrt 1 sind zwei Situationen enthalten, in denen das korrekte Bremsverhalten überprüft wird:

- Zwangsbremsung am Signal Sh 158
- Zwangsbremsung am Bahnübergang

Die Fahrt 3 enthält ebenfalls zwei Situationen:

- Zwangsbremsung am Ausfahrsignal Asig Südendorf
- Notruf

Die Fahrt 5 enthält eine Zwangsbremsung, die korrekt unterstützt werden muss:

- Zwangsbremsung am Einfahrsignal Esig Olching

Die Fahrt 6 enthält ebenfalls eine Zwangsbremsung:

- Zwangsbremsung am Signal Ls 562 II Bf Kassel-W.

Eine Sonderstellung nimmt das Anhalten nach LZB-Übertragungsausfall im Bf Körle-Ost in Fahrt 6 ein. Hier muss der Tf mit Hilfe einer Betriebsbremsung den Zug zum Stehen bringen.

Beurteilung durch den Instruktor

Für eine korrekte Unterstützung einer Zwangsbremsung muss der Tf sowohl (schnell genug) eine Schnellbremsung einleiten, als auch (schnell genug) sanden. Leitet der Tf die Schnellbremsung gar nicht oder zu spät ein, wird dies mit Fehlerstärke 3 (sicherheitsrelevant) geahndet. Sandet der Tf

zu spät, dann entspricht dies Fehlerstärke 1 (geringer Fehler), unterlässt er das Sanden ganz, so wird ein Fehler der Stärke 2 (mittlerer Fehler) vergeben.

Bei Betrachtung der Ergebnisse zeigt sich (Abbildung 59), dass die Instruktoren bei der Bewertung der Schnellbremsung kaum einen Fehler dokumentiert haben. Fehlerhaft oder gar nicht gesandet wurde nach Angabe der Instruktoren in nur etwa acht Prozent aller Situationen.

Bezüglich des Einflusses der gefahrenen Baureihe zeigt sich, dass der Anteil der korrekt durchgeführten Schnellbremsungen im Simulator der BR423 geringer ausgefallen ist, als an den anderen Simulatoren. Grund dafür ist vermutlich die schwergängige Rasterung des Fahr-Brems-Hebel zwischen den Stellungen Vollbremsung und Schnellbremsung. Die Instruktoren erkennen zwar, dass der Tf nicht die Schnellbremsstellung erreicht hat, bewerten dies aber nicht als Fehler, da sie das Verhalten auf die schwergängige Bedienung zurückführen. Beim Sanden fällt insbesondere der Simulator der BR401 auf, da an diesem häufiger zu spät gesandet wird.

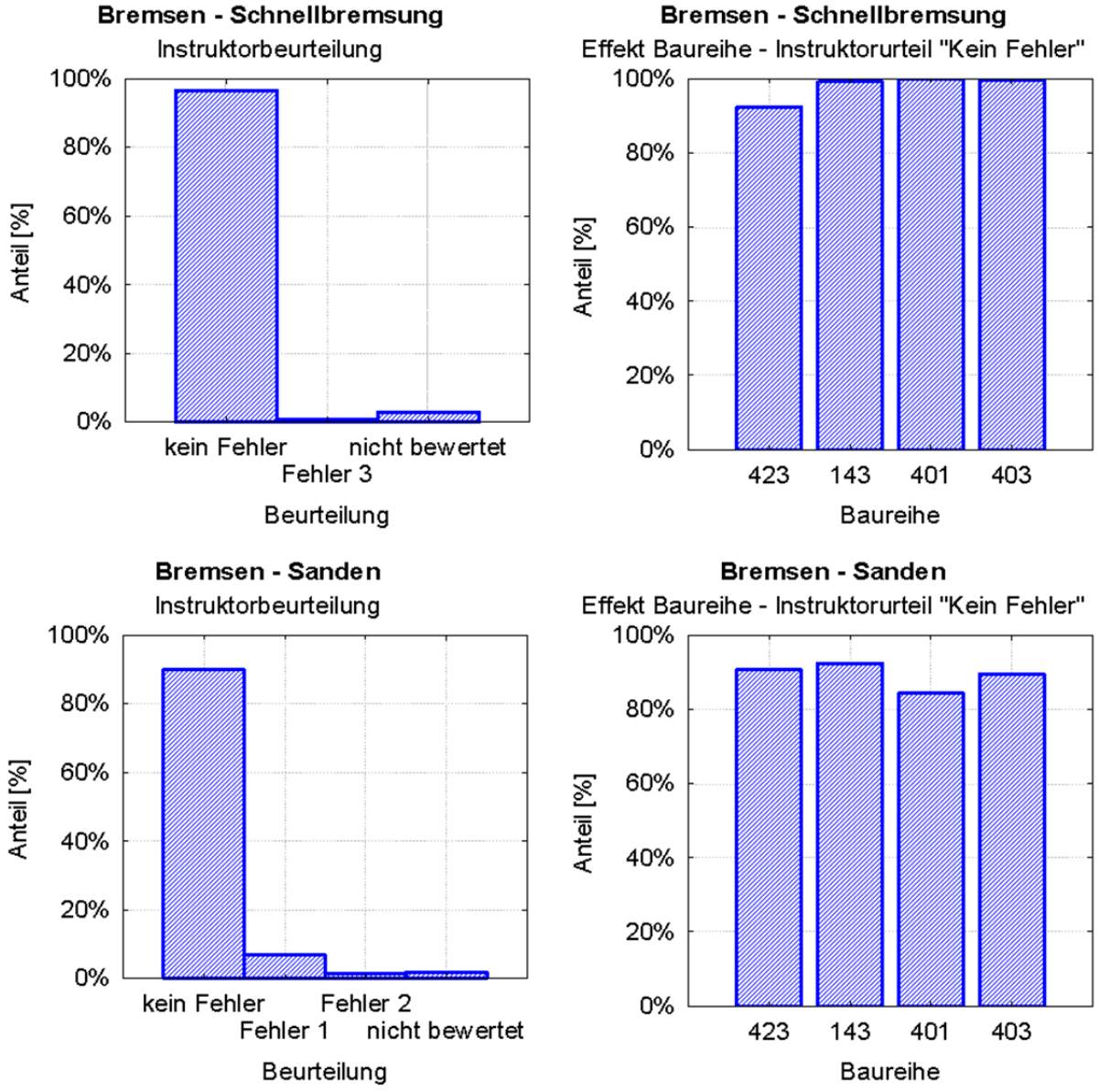


Abbildung 59: Gesamturteil (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf das Instruktorurteil zur Bedienung von Schnellbremsung (oben) und Sanden (unten).

Auch die Situation hat einen Einfluss auf die von den Instruktoren angegebene Häufigkeit von Fehlern beim Bremsen (Abbildung 60). Insbesondere die Zwangsbremsung bei restriktiver

Überwachung am Ausfahrsignal des Bf Südendorf (Fahrt 3) wird häufig nicht korrekt mit einer Schnellbremsung unterstützt. Der Grund hierfür liegt wohl in der geringen Geschwindigkeit, die zum Zeitpunkt der Zwangsbremsung gefahren wird und die dazu führt, dass der Tf eine Schnellbremsung für unnötig hält, weil die Bremsung den Bremsweg kaum verkürzen kann bzw. der Zug bereits zum Stehen gekommen ist, bevor der Tf überhaupt an die Unterstützung mit einer Schnellbremsung denkt. Beim Notruf ist der Anteil der korrekten Schnellbremsungen ebenfalls relativ gering. Ein Grund könnte der hohe Grad der Beanspruchung in dieser Situation sein, da sich der Tf zunächst darauf konzentriert, einen korrekten Notruf abzusetzen.

Im Fall des korrekten Sandens werden nicht nur während der Zwangsbremsung am Asig Südendorf und beim Notruf mehr Fehler gemacht, sondern auch bei der Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung am Esig Olching und bei der Zwangsbremsung am Ls 562 II des Bf Kassel-Wilhelmshöhe Auch in diesen beiden Situationen fährt der Zug relativ langsam. Die Tf halten eventuell auch hier eine Unterstützung durch Sanden für unnötig. Dazu kommt, dass die Tf mit den Simulatoren der BR401 und BR403 mehr Probleme haben, rechtzeitig den Sanden-Schalter zu bedienen. Ein Effekt, der sich auch auf die situative Betrachtung niederschlägt, da diese beiden Situationen in Fulda nur an den ICE-Simulatoren durchgeführt werden.

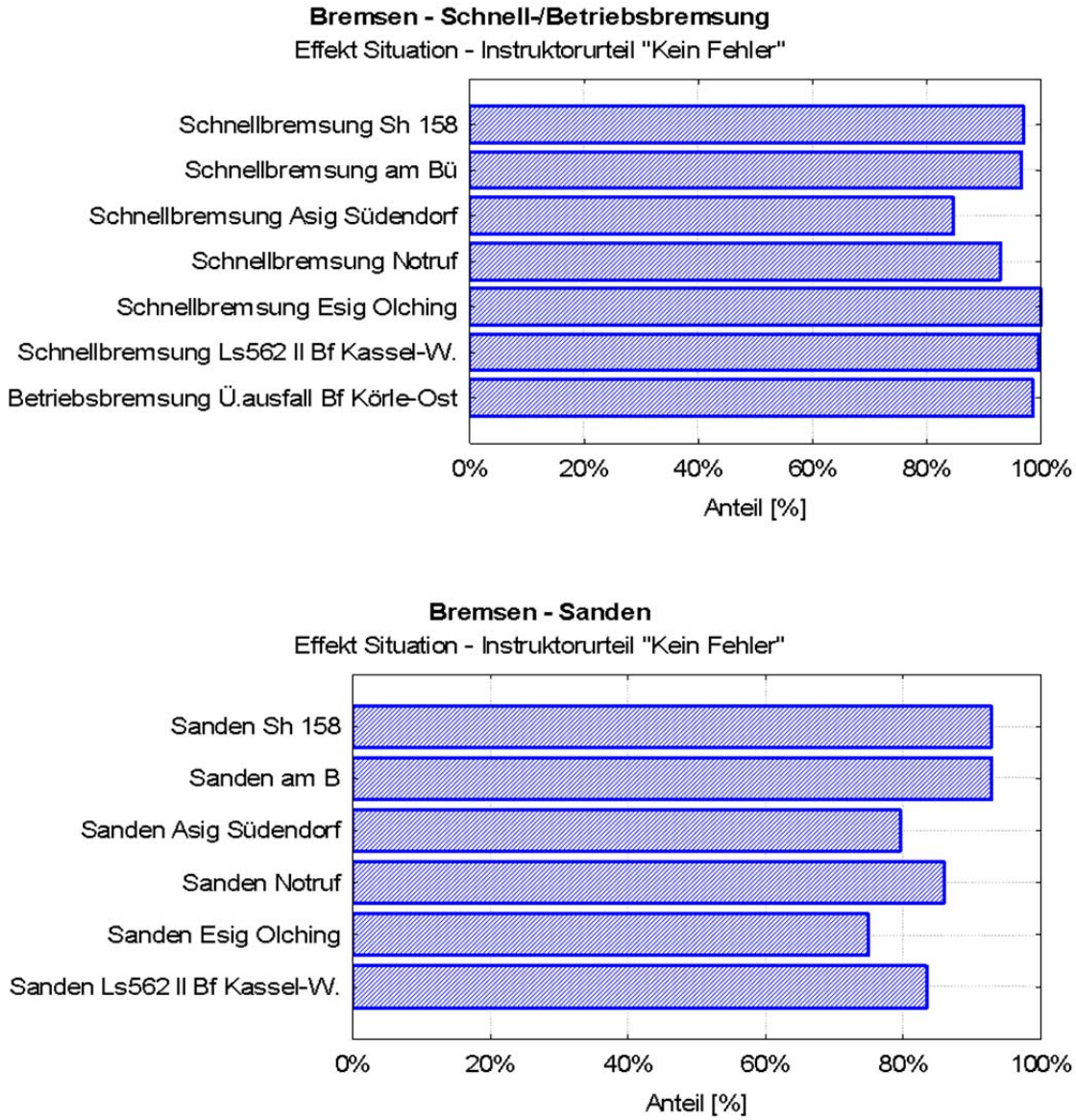


Abbildung 60: Effekt des Fahrtabschnitts auf das Instruktorurteil zur Bedienhandlung von Schnellbremsung (oben) und Sanden (unten).

Verhaltensmarkerbasierte Auswertung

Tabelle 27 stellt die Bremsparameter in Abhängigkeit von der Fahrt, dem Streckenabschnitt und der Simulatorbaureihe dar. Dabei ist darauf zu achten, dass der Begriff *Reaktionszeit* in diesem Zusammenhang die Wahrnehmung des auslösenden Ereignisses, die Handlungsvorbereitung, die Greifbewegung zum Hebel/Schalter und die Wegstrecke des Hebels/Schalters umfasst.

Tabelle 27: Bremsparameter in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe (Fahrt 1).

Parameter	BR	N	Mittel-wert	Std.-abw.	Min.	Max.
Zwangsbremsung unterstützt [0/1]	423	1302	0.77	0.4	0	1
	143	580	0.99	0.1	0	1
	401	173	0.95	0.2	0	1
Reaktionszeit Schnellbremsung [s]	423	996	2.9	3.1	0.5	21.6
	143	571	2.0	1.4	1.0	19.0
	401	164	1.8	0.9	0.6	7.3
Sanden [0/1]	423	1302	0.88	0.3	0	1
	143	580	0.85	0.4	0	1
	401	173	0.78	0.4	0	1
Reaktionszeit Sanden [s]	423	1145	2.8	1.9	0.8	20.6
	143	494	3.7	2.5	1.4	23.9
	401	136	2.9	1.7	1.1	12.1

Es zeigt sich wiederum und ähnlich wie bereits im Instruktorurteil, dass der Anteil des korrekten Schnellbremsens und Sandens von der Baureihe abhängt (Abbildung 61 oben). Während an der BR423 weniger als 80 Prozent der Situationen korrekt mit einer Schnellbremsung unterstützt wird, sind dies bei der BR143 nahezu 100 Prozent. Der geringere Anteil des korrekten Sandens in der BR401 zeigt sich ebenfalls anhand der Simulatordaten.

Die Reaktionszeit bis zu einer korrekten Schnellbremsung beträgt am Simulator BR423 etwa 3.0 s im Vergleich zu etwa 2.0 s an den BR143 und 1.8 s an der BR401 (Abbildung 61 unten). Das Betätigen des Sanden-Schalters dauert am Simulator BR143 am längsten.

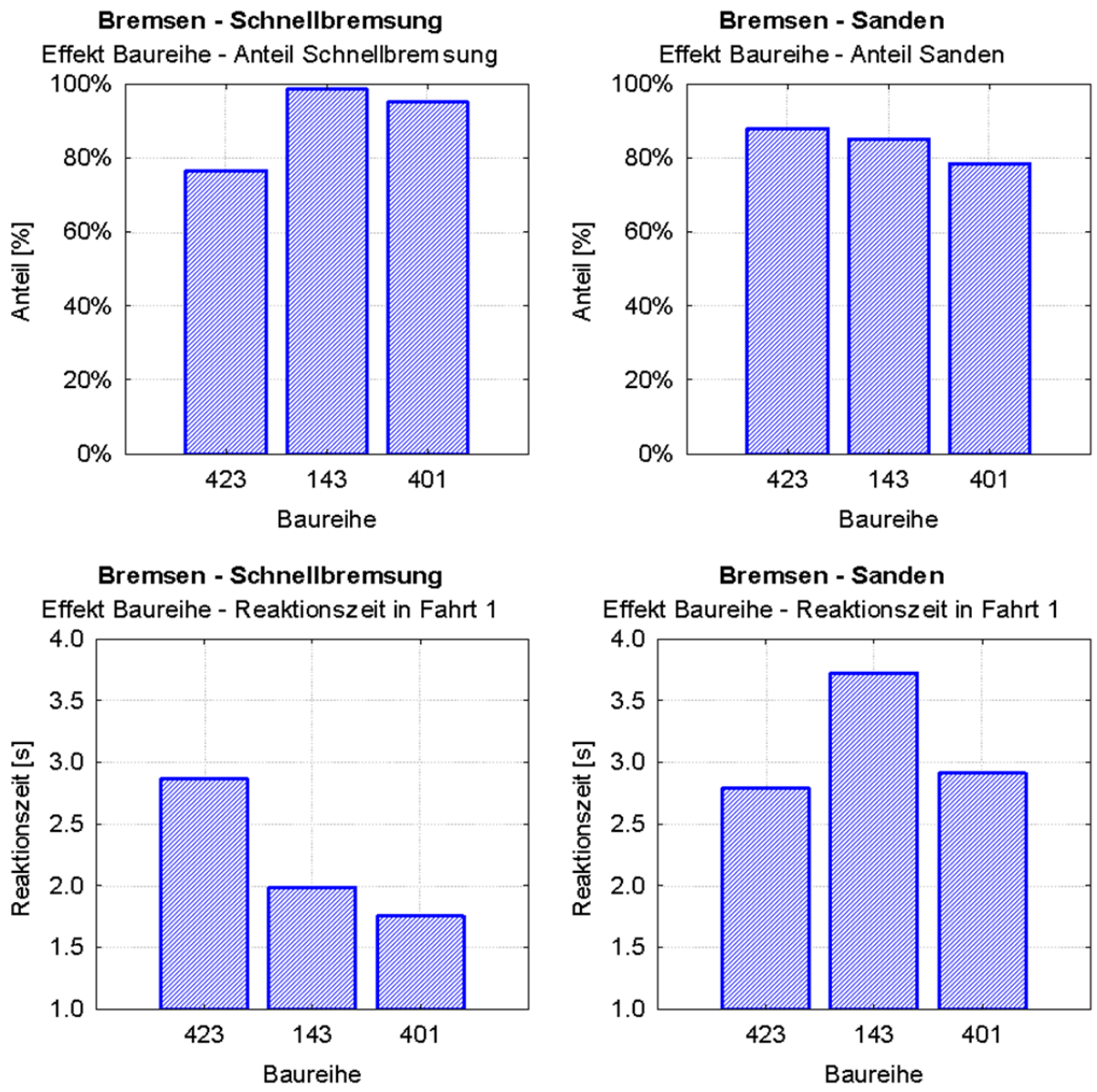


Abbildung 61: Effekt der Simulatorbaureihe auf den Anteil der Bedienhandlungen Schnellbremsung und Sanden (oben) sowie die entsprechenden Reaktionszeiten (unten) in Fahrt 1.

Betrachtet man die Korrelationen zwischen den einzelnen Betätigungen von Schnellbremsung oder Sanden in einer Fahrt, so zeigt sich, dass ein Tf, der in einer Situation die Zwangsbremsung korrekt unterstützt, dies auch in der nächsten Situation tut. Für Fahrt 1 liegen die entsprechenden Werte des Korrelationskoeffizienten zwischen r=0.42 und r=0.86. Der Zusammenhang zwischen korrekter Schnellbremsung und korrektem Sanden ist dagegen sehr viel geringer (r=0.14 bis r=0.20).

Auch bezüglich der Reaktionszeiten gibt es signifikanten Korrelationen in unterschiedlichen Situationen. Erneut spielt die Art der Reaktion eine wichtige Rolle. Die Reaktionszeit der Schnellbremsung (r=0.16 bis r=0.47) korreliert ebenso deutlich zwischen den einzelnen Situationen wie die Reaktionszeit des Sandens (r=0.40 bis r=0.74). Der Zusammenhang zwischen beiden Reaktionszeiten ist hingegen geringer (jeweils für Fahrt 1).

Die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten zeigt (Abbildung 62), dass in etwa 23 Prozent der Situationen keine vorgeschriebene Schnellbremsung durchgeführt wird bzw. zu spät unterstützt wird. Auch bezüglich des Sandens wird nur in etwa 80 Prozent der Situationen das korrekte Sollverhalten gezeigt. Erneut zeigt sich der Einfluss der Baureihe: Im Simulator

BR423 ist der Anteil der korrekten Schnellbremsungen geringer als in den Simulatoren BR143 und BR401. Beim korrekten Sanden schneiden insbesondere die Tf schlecht ab, die in den Simulatoren der BR143 und BR401 unterwegs waren.

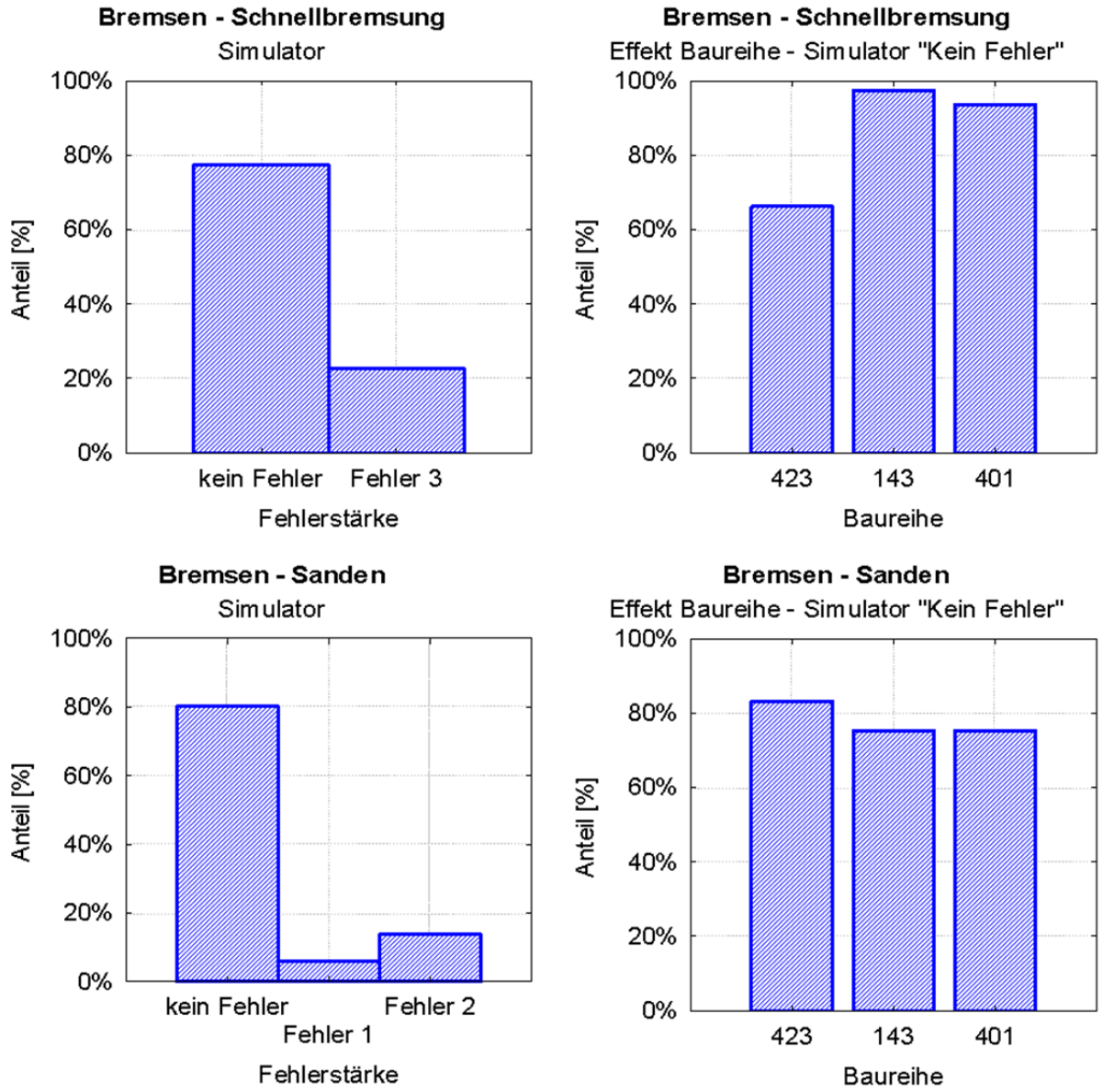


Abbildung 62: Gesamtübersicht (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten nach Fehlerkategorien zum Bremsverhalten (oben: Schnellbremsung, unten: Sanden).

Auch bei der verhaltensmarkerbasierten Auswertung der Simulatordaten hat die Situation einen Einfluss auf den Anteil des korrekten Bremsverhaltens (Abbildung 63). Insbesondere während der Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung am Asig Südendorf in Fahrt 3 ist der Anteil der Tf, die korrekt eine Schnellbremsung einleiten, gering. In der gleichen Situation ist auch der Anteil des korrekten Sandens gering. Ein hoher Anteil von Tf, die nicht korrekt sanden, findet sich auch während der Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung am Esig Olching in Fahrt 5 und während der Zwangsbremsung am Ls 562 II im Bf Kassel-Wilhelmshöhe in Fahrt 6.

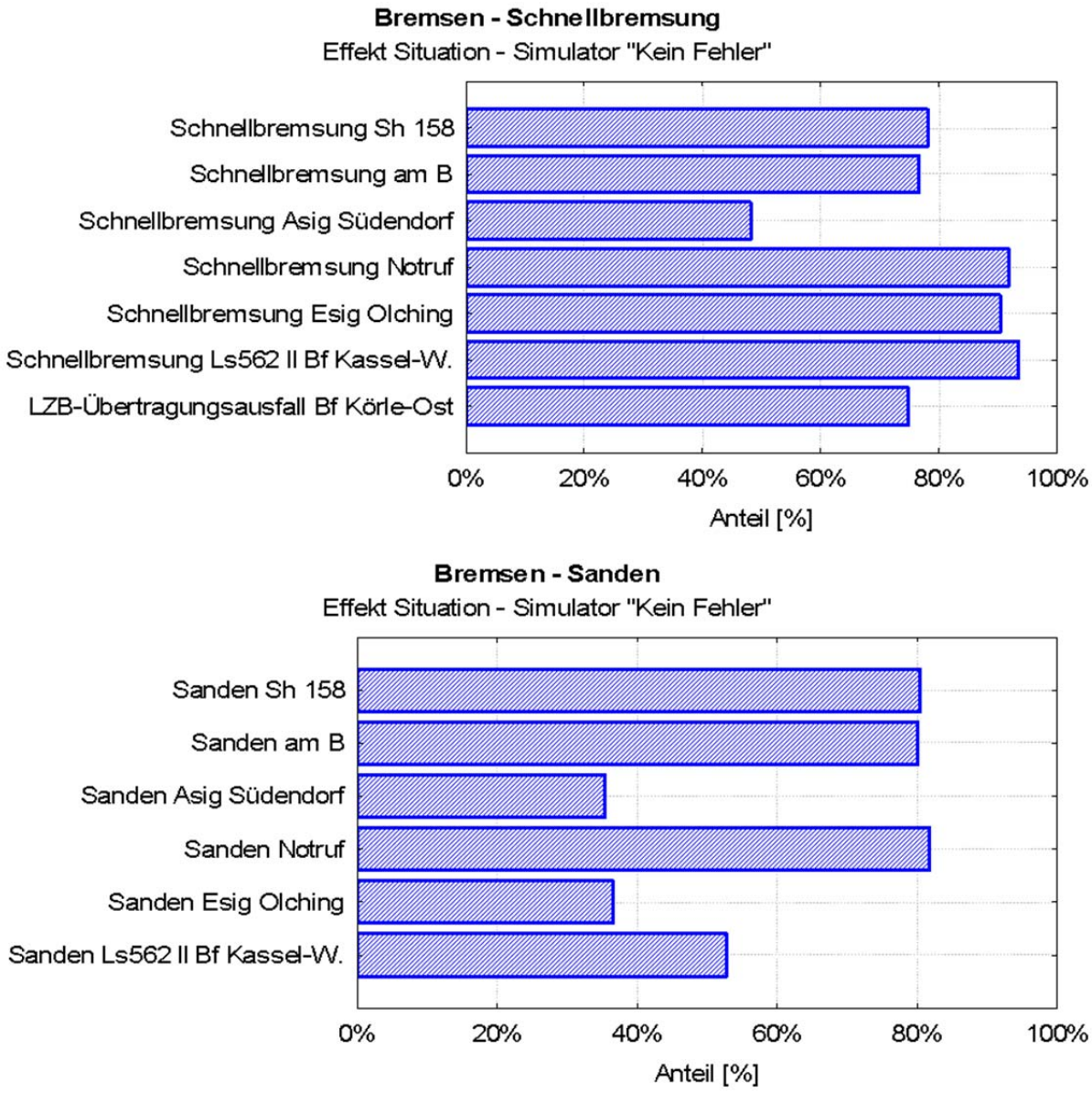


Abbildung 63: Effekt des Fahrtabschnitts auf die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten nach Fehlerkategorien Bremsverhalten (oben: Schnellbremsung, unten: Sanden).

Vergleich des Instruktorurteils und der verhaltensmarkerbasierten Auswertung

Wie Abbildung 64 zeigt, beurteilen die Instruktoren das Bremsverhalten milder als die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Simulatordaten. Während die objektiven Simulatordaten in etwa 20 Prozent der Situationen sicherheitsrelevante Mängel beim Einleiten der Schnellbremsung detektieren, werden von den Instruktoren nahezu keine Mängel beobachtet. Die Gesamtübereinstimmung beträgt lediglich 79.4 Prozent. In Fahrt 6 ist die Übereinstimmung zwischen Instruktor- und Simulatorurteil deutlich höher.

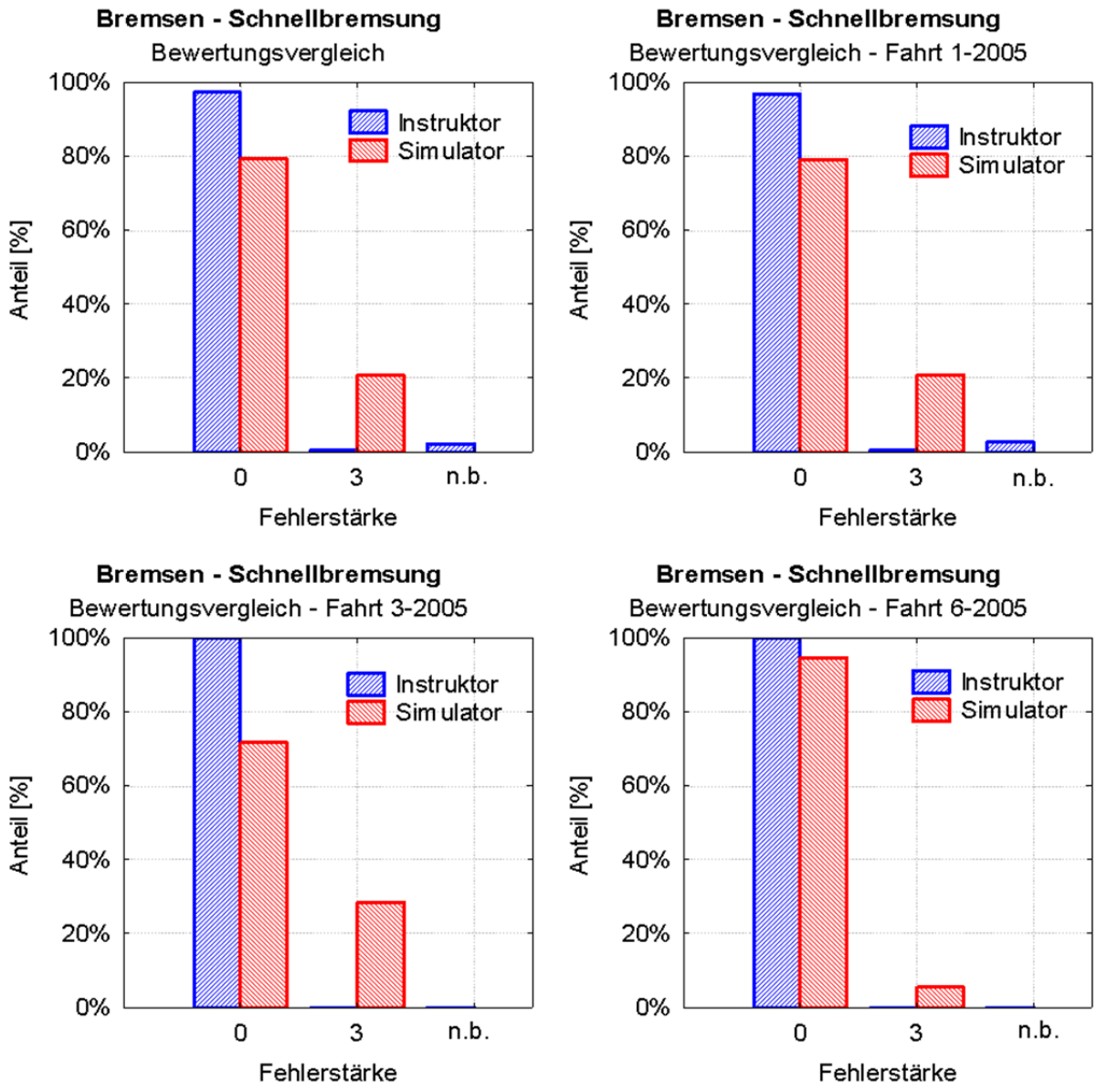


Abbildung 64: Gesamtvergleich (oben links) und fahrtspezifischer Vergleich (oben rechts, unten) der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Bremsverhalten der Tf (Schnellbremsung).

Abbildung 65 zeigt, dass die Übereinstimmung beim Sanden etwas höher ist. Dieses Sollverhalten betreffend registrieren auch die Instruktoren Mängel im Bremsverhalten der Tf. Die Gesamtübereinstimmung beträgt 82.4 Prozent. Die höhere Fehlerrate bei den Instruktoren macht deutlich, dass diese bei der Beurteilung des Schnellbremsens insbesondere davor zurückschrecken, einen sicherheitsrelevanten Mangel festzustellen. Aber auch beim Sanden urteilen die Instruktoren milder als die objektiven Werte des Simulators nahe legen. Bei Betrachtung der einzelnen Überwachungsfahrten wird deutlich, dass die Übereinstimmung in Fahrt 1 höher ist als in Fahrt 3 und Fahrt 6.

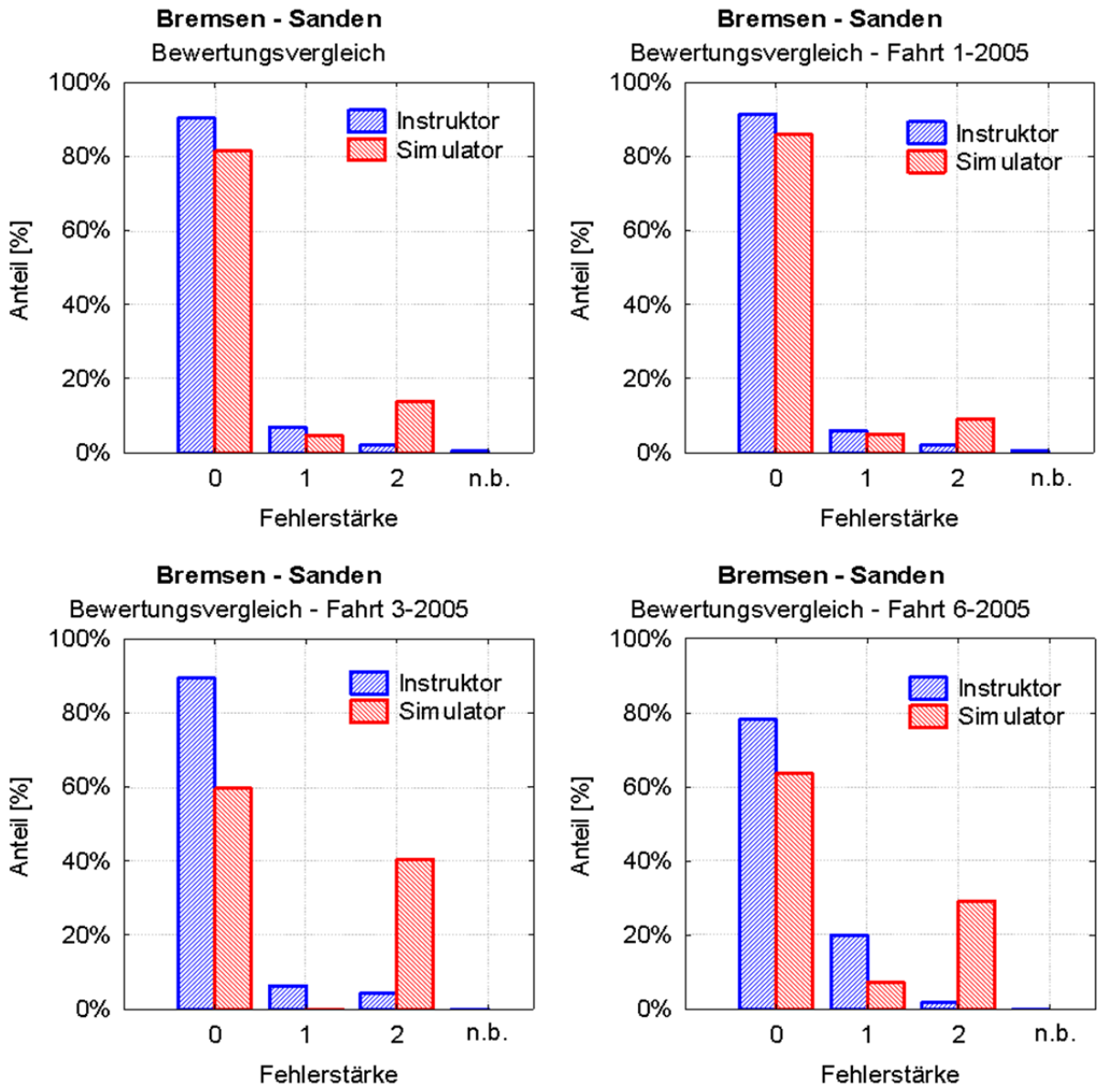


Abbildung 65: Gesamtvergleich (oben links) und fahrtspezifischer Vergleich (oben rechts, unten) der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Bremsverhalten der Tf (Sanden).

Der baureihenspezifische Vergleich der Fehlerbewertungen des Schnellbremsens durch Instruktor und Simulatordaten zeigt (Abbildung 66), dass die Instruktoren insbesondere am Simulator der Baureihe BR423 tatsächliche Fehler des Tf nicht ahnden. Vermutlich nehmen die Instruktoren Rücksicht auf die mangelnde Baureihenkenntnis der Tf und die Besonderheit der schwergängigen Bedienung des Fahr-Brems-Hebels der BR423.

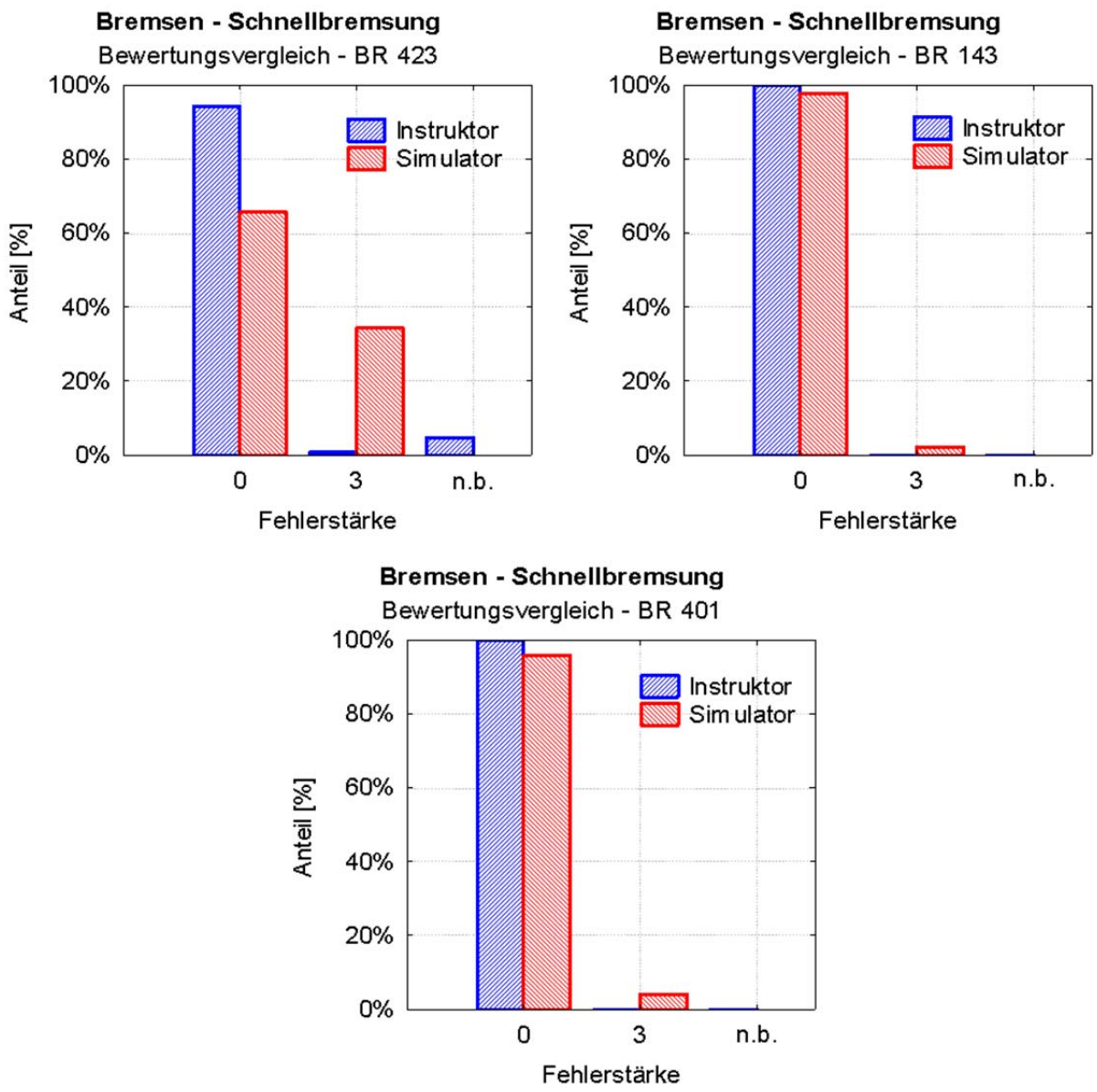


Abbildung 66: Baureihenspezifischer Vergleich der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Bremsverhalten (Schnellbremsung) der Tf (Grundlage für den Vergleich ist Fahrt 1).

Abbildung 67 stellt den baureihenspezifischen Vergleich von Instruktor- und Simulatorbewertung bezüglich des Sandens dar. Beträchtliche Unterschiede finden sich nicht. Die häufigeren Fehler beim Sanden an der BR401 wurden bereits beschrieben.

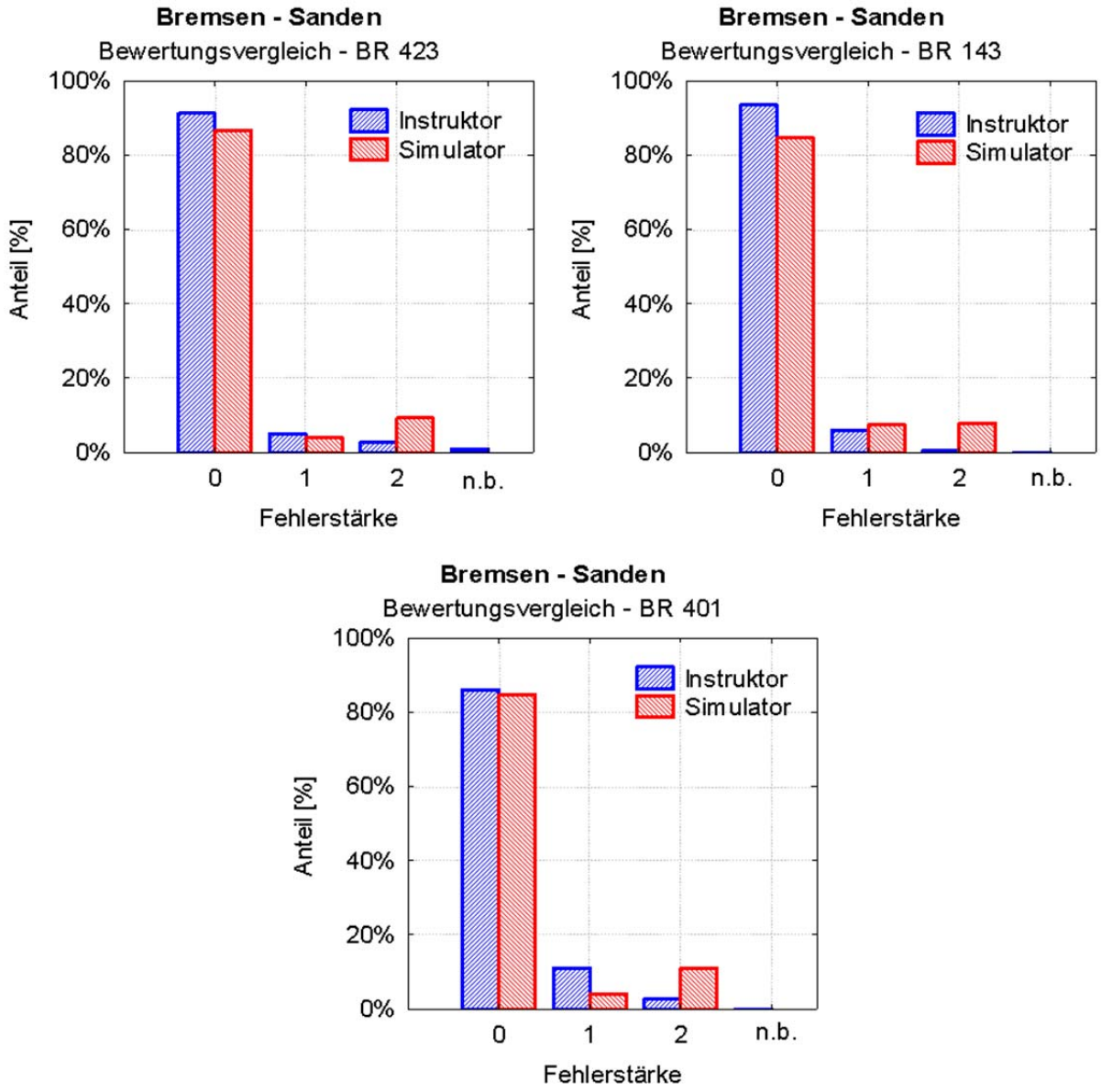


Abbildung 67: Baureihenspezifischer Vergleich der Fehlerbewertung aus der Verrechnung der Simulatordaten und den Bewertungen durch die Instruktoren in Bezug auf das Bremsverhalten (Sanden) der Tf (Grundlage für den Vergleich ist Fahrt 1).

9.5 Kommunikation

Ein weiterer wichtiger Verhaltensmarker ist das Kommunikationsverhalten. In vielen Situationen während einer Überwachungsfahrt muss der Tf über Zugfunk einen Sprechwunsch anmelden, seinen Standort durchgeben und einen schriftlichen Befehl anfordern. Während der anschließenden Befehlsübermittlung muss der Tf das Kommunikationsschema einhalten, deutlich sprechen und die Sprechdisziplin wahren und den Befehl korrekt wiederholen. All diese Sollverhaltensweisen bewertet der Instruktor auf dem Protokollbogen. Der Simulator liefert hingegen keine Informationen über den Inhalt des Zugfunkgesprächs. So kann der Bewertung durch den Instruktor kein Vergleich der Simulatordaten gegenübergestellt werden. Der Simulator liefert nur die Dauer der Kommunikation über Zugfunk und die Zeit bis die Zugfunkleitung aufgebaut ist.

In der Fahrt 1 sind zwei Situationen enthalten, in denen das korrekte Kommunikationsverhalten überprüft wird:

- nach Zwangsbremsung Signal Sh 158
- nach Zwangsbremsung am Bahnübergang

Die Fahrt 3 enthält drei Situationen:

- am haltzeigenden Einfahrsignal Esig Hagen
- nach Zwangsbremsung am Ausfahrsignal Asig Südendorf
- während des Notrufes

Die Fahrt 5 enthält zwei Situationen:

- nach Zwangsbremsung am Einfahrsignal Esig Olching
- am haltzeigenden Signal Sbk 57

Die Fahrt 6 enthält ebenfalls zwei Situationen:

- nach Zwangsbremsung am Signal Ls 562 II Bf Kassel-W.
- nach LZB-Übertragungsausfall Bf Körle-Ost

Neben den Kommunikationssituationen wird am Ende jeder Überwachungsfahrt vom Instruktor überprüft, ob die schriftlichen Befehle richtig ausgefüllt und durchgekreuzt wurden.

Beurteilung durch den Instruktor

Meldet sich der Tf nicht innerhalb von 60 Sekunden nach dem Halt des Zuges beim Fdl oder kann er zu Beginn des Zugfunkgespräches seinen Standort nicht korrekt angeben, wird ein geringer Fehler vergeben. Fordert der Tf keinen notwendigen schriftlichen Befehl an, sondern fährt ohne diesen eigenmächtig weiter, entspricht dies einem sicherheitsrelevanten Fehler. Ebenso wird ein nicht ausgeführter Notruf bewertet. Verlangt der Tf einen unnötigen schriftlichen Befehl, wird ein geringer Fehler notiert. Das Nicht-Einhalten des korrekten Kommunikationsschemas ist ein mittlerer Fehler. Undeutliches Sprechen ist ein leichter Fehler bzw. ein mittlerer Fehler, wenn der Tf auch nach Aufforderung nicht deutlicher spricht. Ist der Tf nicht in der Lage, beim ersten Versuch den Befehl korrekt zu wiederholen, so stellt dies einen leichten Fehler dar. Füllt der Tf den Befehlsvordruck nicht richtig aus, vergibt der Instruktor einen mittleren Fehler. Legt der Tf den abgearbeiteten schriftlichen Befehl nicht zur Seite, ist dies ein leichter Fehler. Vergisst der Tf das Auskreuzen des abgearbeiteten Befehls ist dies ein mittlerer Fehler (vgl. Abschnitt 0).

Das Gesamtergebnis des Instruktorurteils zum Kommunikationsverhalten zeigt (Abbildung 68), dass die Tf kaum Kommunikationsfehler machen. Lediglich das korrekte Ausfüllen und Behandeln des schriftlichen Befehls wird von den Tf in etwa 14 bzw. zwölf Prozent der Situationen falsch gemacht. Die gefahrene Baureihe hat keinen bedeutsamen Einfluss auf das Kommunikationsverhalten.

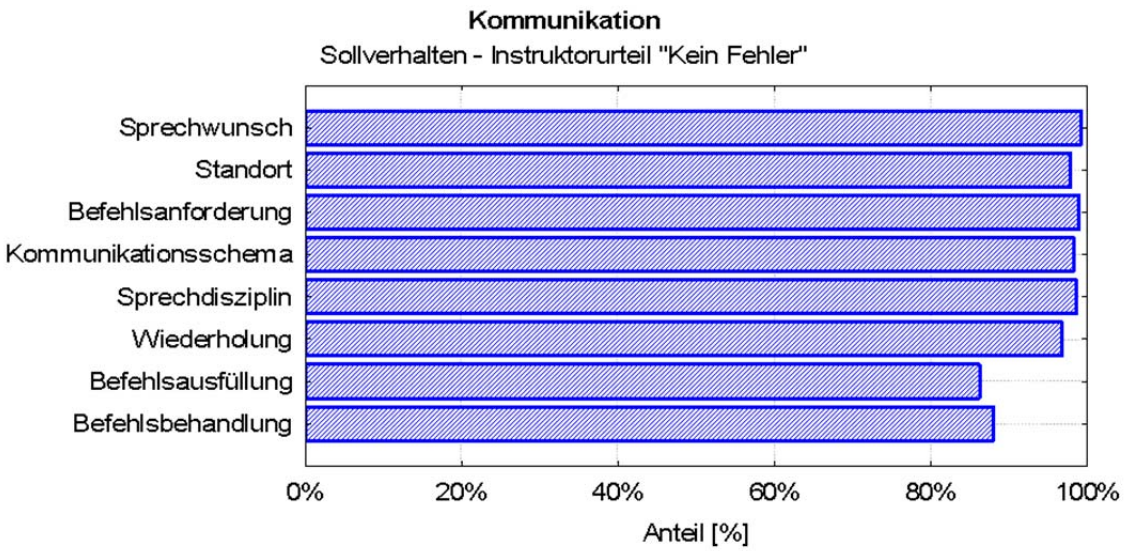


Abbildung 68: Effekt des Sollverhaltens auf das Instruktorurteil zum Kommunikationsverhalten.

Tabelle 28 listet die Kommunikationsparameter in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe auf.

Tabelle 28: Kommunikationsparameter in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe.

Parameter	BR	N	Mittel-wert	Std.-abw.	Min	Max
Dauer der Kommunikation [s]	423	1236	121.3	32.8	52.9	272.6
	143	514	119.1	29.6	60.9	276.4
	401	158	133.0	34.2	78.3	296.1
Zeit bis Zugfunkverbindung [s]	423	1274	16.8	9.7	0.6	86.3
	143	556	20.3	13.7	140.4	54.4
	401	166	14.0	12.0	1.9	82.2

Wie Abbildung 69 zeigt unterscheiden sich die Kommunikationsdauern und Verbindungszeiten zwischen den Simulatorbaureihen nicht sehr stark.

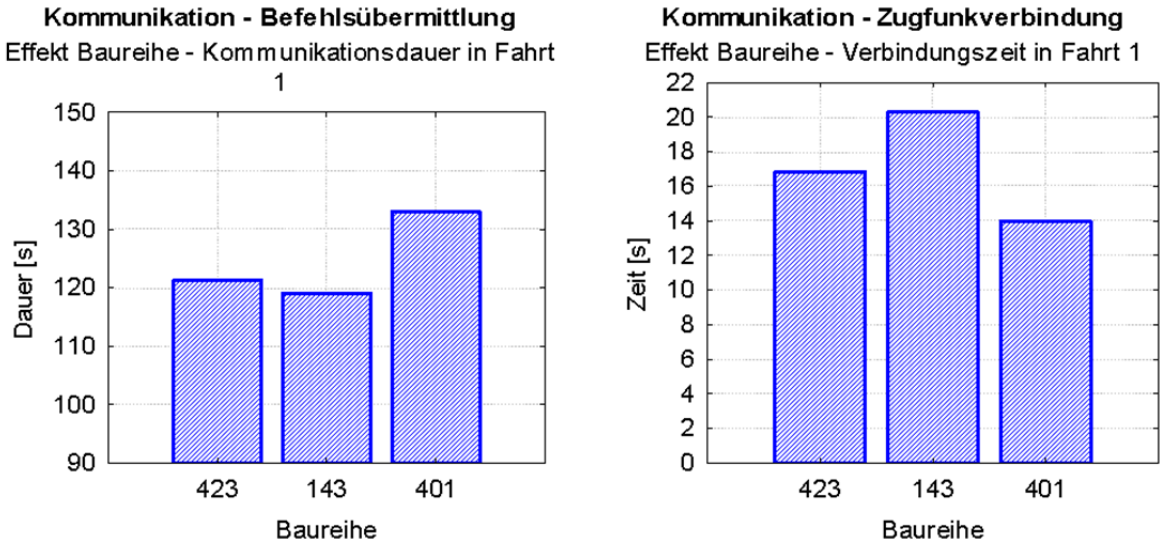


Abbildung 69: Effekt der Simulatorbaureihe auf die Kommunikation (links: Kommunikationsdauer, rechts: Verbindungszeit) in Fahrt 1.

Die Kommunikationsdauern und Verbindungszeiten pro Überwachungsfahrt über mehrere Situationen hinweg korrelieren jeweils untereinander. Die Korrelationen sind jedoch eher gering. In Fahrt 1 hat die Korrelation der Kommunikationsdauern einen Wert zwischen r=0.24 und r=0.30, die Korrelation der Verbindungszeiten beträgt zwischen r=0.32 und r=0.50.

9.6 Weitere Verhaltensmarker

Das Geschwindigkeits-, Brems- und Kommunikationsverhalten stellen die wichtigsten Verhaltensmarker dar. Daneben gibt es weitere Verhaltensweisen, die von den Instruktoren beobachtet werden und/oder über die die aufgezeichneten Simulatordaten Auskunft geben können. Die Auswertung dieser Verhaltensweisen wird im Folgenden dargestellt:

9.6.1 Beschleunigungsverhalten

Einen dieser weiteren Verhaltensmarker stellt das Beschleunigungsverhalten dar. Zu Beginn jeder Überwachungsfahrt beschleunigt der Tf den Zug. Dieses Verhalten wird vom Instruktor nicht protokolliert, durch den Simulator jedoch aufgezeichnet. Dabei werden die beiden Parameter (a) mittlere Beschleunigung und (b) maximale Beschleunigung ausgewertet. Beide Parameter hängen von der gefahrenen Baureihe, der Fahrt (insbesondere der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit nach Fahrtbeginn) und der Person des Tf ab. Tabelle 29 stellt die Beschleunigung zu Fahrtbeginn in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe dar.

Tabelle 29: Beschleunigungsparameter zu Fahrtbeginn in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe.

Parameter	BR	N	Mittel-wert	Std.-abw.	Min	Max
mittlere Beschleunigung [m/s²]	423	651	0.47	0.23	0.01	1.20
	143	290	0.36	0.16	0.01	0.63
	401	87	0.23	0.09	0.05	0.39
maximale Beschleunigung [m/s²]	423	651	0.78	0.27	0.19	1.28
	143	290	0.52	0.17	0.17	0.70
	401	87	0.29	0.10	0.11	0.42

Abbildung 70 beschreibt die Maximalbeschleunigung in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe. Die Tf beschleunigen mit dem Simulator BR423 mit maximal 0.8 m/s^2. Die entsprechenden Werte für die BR143 und BR401 betragen 0.5 m/s^2 und 0.3 m/s^2. Gründe für die Unterschiede sind baureihenspezifische Beschleunigungswerte und die unterschiedliche Einstellung der Zugdaten (z.B. ist die mittlere Zuglänge in Fahrt 1 für die BR401 doppelt so hoch wie für die BR423).

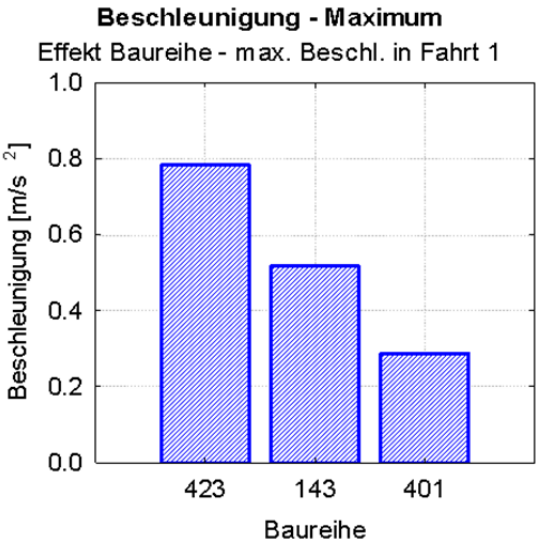


Abbildung 70: Effekt der Simulatorbaureihe auf die maximale Beschleunigung bei Fahrtbeginn in Fahrt 1.

9.6.2 Halten einer Taste (Befehlstastenbedienung)

Ein weiterer Verhaltensmarker ist die Bedienung der Befehlstaste. Diese ist u.a. erforderlich, um an haltzeigenden Hauptsignalen vorbeifahren zu können. Befehlstastenbedienungen sind während der Überwachungsfahrten in folgenden Situationen vorgeschrieben:

- Fahrt 1: Esig Hagen
- Fahrt 3: Asig Neusteedt, Esig Hagen, Asig Hagen
- Fahrt 5: Asig Maisach
- Fahrt 6: Bksig 103

Bedient der Tf die Befehlstaste falsch, dann entspricht dies einem geringen Fehler. Bedient er die Befehlstaste gar nicht, so stellt dies einen mittleren Fehler dar. Tabelle 30 stellt das Instruktorurteil zur Befehlstastenbedienung während der Überwachungsfahrten dar.

Tabelle 30: Instruktorurteil zur Befehlstastenbedienung in Abhängigkeit von der Fahrt, dem Streckenabschnitt und der Simulatorbaureihe.

Effekt	Situation bzw. Baureihe	N	kein Fehler	Fehler 1	Fehler 2	Fehler 3	nicht be-wertet
Effekt Situa-tion	Esig Wangen	626	97.1%	2.4%	0.3%	-	0.2%
	Asig Neusteedt	84	96.4%	2.4%	0.0%	-	1.2%
	Esig Hagen	84	94.0%	6.0%	0.0%	-	0.0%
	Asig Hagen	82	95.1%	2.4%	1.2%	-	1.2%
	Asig Maisach	38	97.4%	2.6%	0.0%	-	0.0%
	Bksig 103	285	99.3%	0.4%	0.4%	-	0.0%
Effekt Bau-reihe	423	497	94.6%	4.4%	0.4%	-	0.6%
	143	257	98.8%	0.8%	0.4%	-	0.0%
	401	229	98.7%	0.9%	0.4%	-	0.0%
	403	216	100.0%	0.0%	0.0%	-	0.0%
Gesamt		1199	97.2%	2.2%	0.3%	-	0.3%

Die Instruktoren registrieren nahezu keine Fehl- oder fehlende Bedienung der Befehlstaste (Abbildung 71). Nur 2.5 Prozent der Befehlstastenbedienungen sind inkorrekt oder fehlen ganz. Die Baureihe hat dahingehend einen Einfluss auf die Befehlstastenbedienung, dass nach Angabe der Instruktoren an der BR423 mehr Bedienfehler gemacht werden.

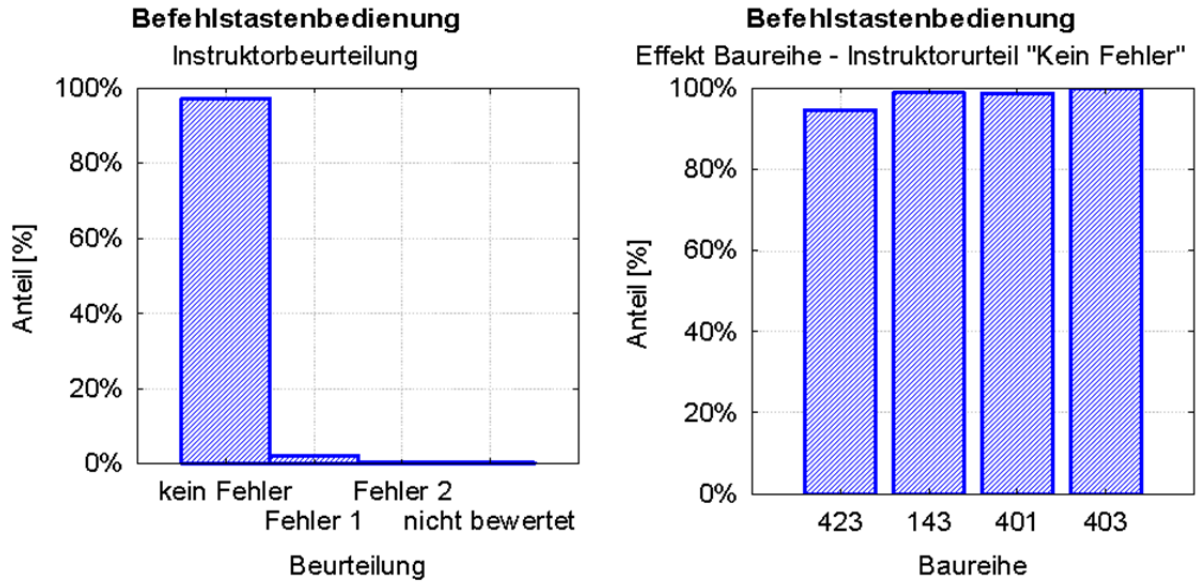


Abbildung 71: Gesamturteil (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf das Instruktorurteil zur Befehlstastenbedienung.

Die einzelne Situation bzw. das einzelne Signal, das passiert wird, hat kaum einen Einfluss auf die Korrektheit der Befehlstastenbedienung (Abbildung 72).

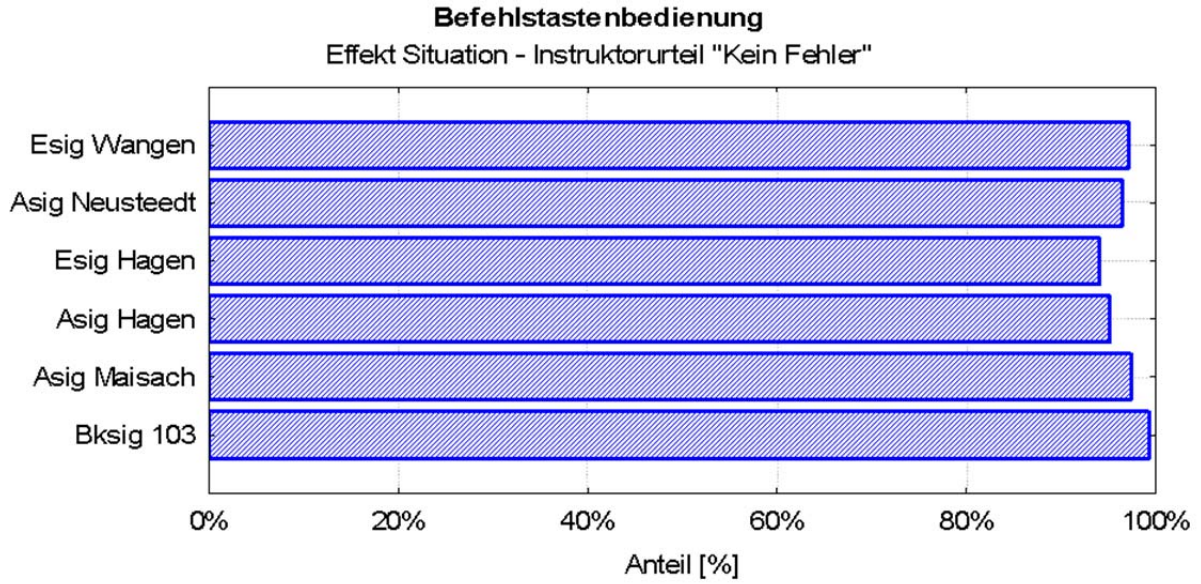


Abbildung 72: Effekt des Fahrtabschnitts auf das Instruktorurteil zur Befehlstastenbedienung.

Tabelle 31 stellt die Simulationsparameter der Befehlstastenbedienung dar, d.h. die Dauer und die Korrektheit der Tastenbedienung.

Tabelle 31: Parameter der Befehlstastenbedienung in Abhängigkeit von der Simulatorbaureihe.

Parameter	Effekt bzw. BR		N	Mittel-wert	Std.-abw.	Min	Max
Dauer der Tastenbedienung [s]	Effekt BR (Fahrt 1)	423	650	5.4	2.7	0.1	22.1
		143	290	6.1	2.7	0.4	18.8
		401	87	4.0	1.4	0.5	8.1
	Gesamt		1506	5.4	2.5	0.4	18.0
Korrektheit der Tastenbedienung [0/1]	Gesamt		449	0.96	0.18	0.1	1.0

Die Dauer der Befehlstastenbedienung unterscheidet sich zwar zwischen den einzelnen Baureihen (Abbildung 73), eine Interpretation dieses Ergebnisses fällt jedoch schwer. Insgesamt sind 96 Prozent der Bedienungen korrekt. Die Angabe der Instruktoren, dass die Tf die Befehlstaste nahezu fehlerfrei bedienen, spiegelt sich somit in den Simulatordaten wider.

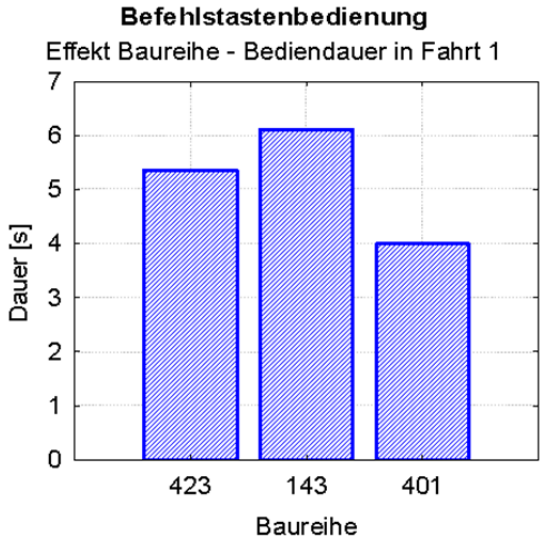


Abbildung 73: Effekt der Simulatorbaureihe auf die Dauer der Befehlstastenbedienung in Fahrt 1.

Da in Fahrt 3 zur Vorbeifahrt an insgesamt drei Hauptsignalen drei Mal die Befehlstaste bedient werden muss, lassen sich Korrelationen der Bediendauern über die Situationen hinweg berechnen. Die Zusammenhänge sind signifikant und liegen zwischen r=0.26 und r=0.89.

9.6.3 Tastenbedienung nach auslösendem Ereignis

Neben der Befehlstaste muss während der LZB-Überwachungsfahrten zu verschiedenen Zeitpunkten die Freitaste bedient werden:

- Fahrt 5: Freitaste nach LZB-Übertragungsausfall (1. Quittung), Freitaste nach LZB-Übertragungsausfall (2. Quittung)
- Fahrt 6: Freitaste beim Fahren auf Sicht am Esig Körle-Ost, Freitaste nach LZB-Übertragungsausfall (1. Quittung), Freitaste nach LZB-Übertragungsausfall (2. Quittung)

Falls der Tf die Freitaste falsch oder gar nicht bedient, dann vergibt der Instruktor einen Fehler der Fehlerstärke 1 (geringer Fehler). Tabelle 32 stellt das Instruktorurteil zur Bedienung der Freitaste dar.

Tabelle 32: Instruktorurteil zur Tastenbedienung nach einem auslösenden Ereignis.

Effekt	N	kein Fehler	Fehler 1	Fehler 2	Fehler 3	nicht bewertet
Gesamt	928	96.6%	3.4%	-	-	0.0%

Die Auswertung zeigt, dass in 3.4 Prozent der Situationen, in denen eine Bedienung der Freitaste vorgeschrieben ist, diese falsch ausgeführt oder unterlassen wird (Abbildung 74).

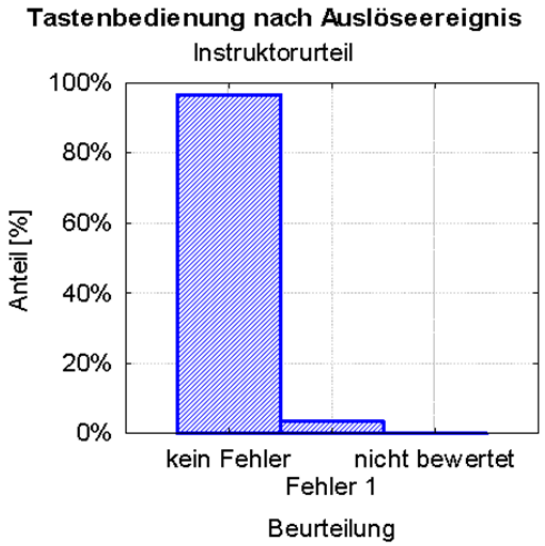


Abbildung 74: Gesamturteil des Instruktorurteils zur Tastenbedienung nach einem auslösenden Ereignis.

Tabelle 33 stellt den Simulationsparameter zur Bedienung der Freitaste während der LZB-Fahrten dar, nämlich die Zeit bis zum Druck auf die Freitaste in Sekunden. Durchschnittlich bedienen die Tf die Freitaste nach 37.5 Sekunden, wobei es allerdings zwischen den einzelnen auslösenden Ereignissen beträchtliche Unterschiede gibt. So wird die Freitaste beim Fahren auf Sicht in Fahrt 6 durchschnittlich nach 8.1 Sekunden bedient, während die zweite Quittierung nach dem LZB-Übertragungsausfall in Fahrt 6 erst nach über 90 Sekunden betätigt wird.

Tabelle 33: Parameter zur Tastenbedienung nach einem auslösenden Ereignis in Abhängigkeit vom Streckenabschnitt und der Simulatorbaureihe.

Parameter	Fahrt	Situation	BR	N	Mittelwert	Std.-abw.	Min	Max
Zeit bis Tastendruck [s]	Fahrt 5	Freitaste 1 nach Übertragungsausfall	401	52	9.8	39.6	0.1	277.6
		Freitaste 2 nach Übertragungsausfall	401	52	11.0	22.7	1.1	124.7
	Fahrt 6	Freitaste am Esig Körle-Ost	401	122	8.1	17.1	2.2	156.5
		Freitaste 1 nach Übertragungsausfall	401	121	30.0	75.3	0.1	331.0
		Freitaste 2 nach Übertragungsausfall	401	121	97.9	124.8	1.0	442.4
	Gesamt			468	37.5	63.1	1.0	285.5

Die Zeiten bis zur Bedienung der Freitaste in einer Fahrt über mehrere Situationen hinweg korrelieren nicht in bedeutsamem Ausmaß (r=0.17 bis r=0.20).

9.6.4 Halt

Während einer Überwachungsfahrt muss der Tf aufgrund von Besonderheiten und Unregelmäßigkeiten während der Fahrt an bestimmten Streckenpunkten anhalten:

- Fahrt 1: vor Haltetafel im Bf Wangen, vor Bahnübergang in km 320.5, vor Bahnübergang in km 320.3
- Fahrt 3: vor Esig Hagen
- Fahrt 5: vor Sbk 57

Bei einem vorgeschriebenen Halt vor einem Bahnübergang wird vom Instruktor ein mittlerer Fehler vergeben, wenn der Tf zu weit vor dem Bahnübergang anhält, und ein sicherheitsrelevanter Fehler, wenn der Tf gar nicht anhält. Hält der Tf soweit vor einem Signal, dass er die Signalbezeichnung nicht erkennen kann, entspricht dies einem geringen Fehler. Fährt der Tf über das Signal hinaus, stellt dies einen sicherheitsrelevanten Verstoß dar. Tabelle 34 gibt eine Übersicht über das Instruktorurteil zum Halteverhalten.

Tabelle 34: Instruktorurteil zum Halteverhalten in Abhängigkeit vom Streckenabschnitt und der Simulatorbaureihe.

Effekt	Situation bzw. Baureihe	N	kein Fehler	Fehler 1	Fehler 2	Fehler 3	nicht bewertet
Effekt Situation	Bahnübergang km 320.5	621	99.0%	-	0.0%	0.5%	0.5%
	Bahnübergang km 320.3	608	98.4%	-	0.2%	1.0%	0.5%
	Esig Hagen	85	92.9%	4.7%	-	0.0%	2.4%
	Sbk 57	38	100.0%	0.0%	-	0.0%	0.0%
Effekt Baureihe	423	649	98.8%	0.3%	0.0%	0.6%	0.3%
	143	433	97.2%	0.5%	0.2%	0.7%	1.4%
	401	126	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	403	144	98.6%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%
Gesamt		1352	98.4%	0.3%	0.1%	0.7%	0.6%

Die Tf machen in sehr wenigen Situationen Fehler beim Anhalten vor den relevanten Streckenpunkten (Abbildung 75). In 98.4 Prozent der Situationen erkennen die Instruktoren keinen Fehler. Die gefahrene Simulatorbaureihe hat nahezu keinen Effekt auf das Instruktorurteil.

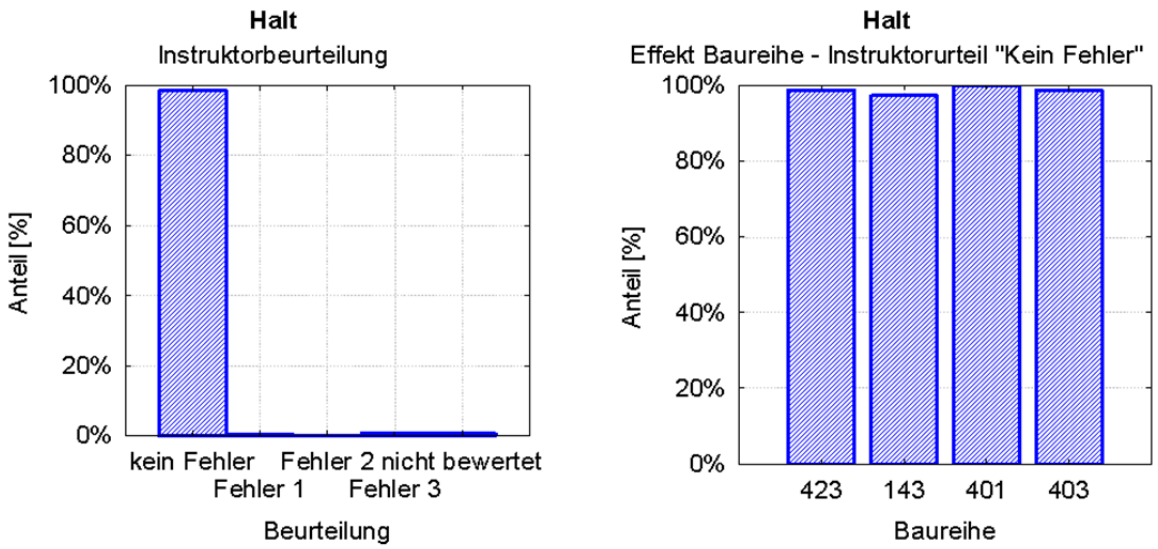


Abbildung 75: Gesamturteil (links) und Effekt der Simulatorbaureihe (rechts) auf das Instruktorurteil zum Halteverhalten.

Der korrekte Halt vor dem Esig Hagen in Fahrt 3 fällt den Tf etwas schwerer als die übrigen Haltemanöver (Abbildung 76). Häufigster Grund dafür, dass die Instruktoren in dieser Situation einen leichten Fehler vergeben, ist, dass die Tf die Signalbezeichnung des Signals bei der anschließenden Kommunikation mit dem Fdl nicht zweifelsfrei angeben können.

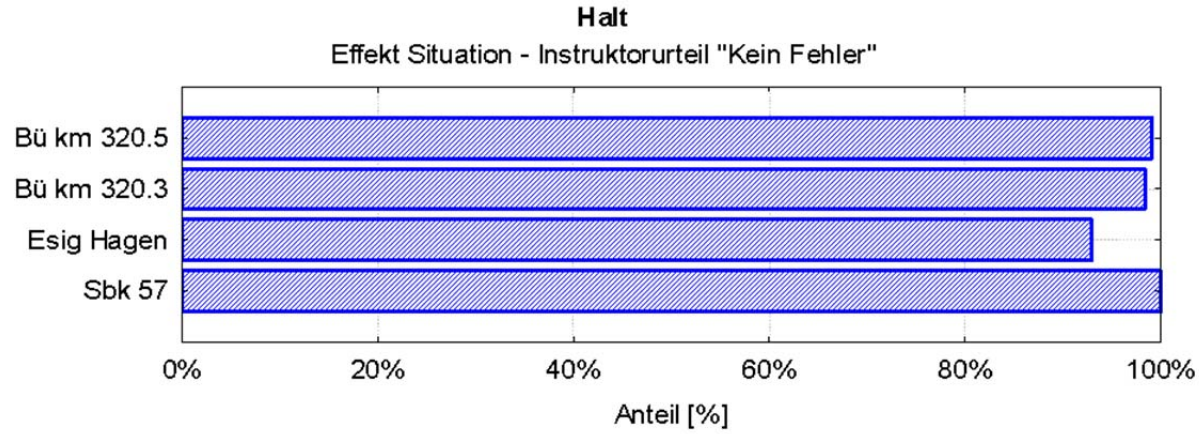


Abbildung 76: Effekt des Fahrtabschnitts auf das Instruktorurteil Halteverhalten.

Tabelle 35 gibt einen Überblick über den Abstand, den die Tf beim Halt zum relevanten Streckenpunkt einhalten.

Tabelle 35: Parameter des Halteverhaltens in Abhängigkeit vom Streckenabschnitt und der Simulatorbaureihe.

Parameter	Effekt	Situation bzw. BR	N	Mittel-wert	Std.-abw.	Min	Max
Abstand bis Streckenpunkt [m]	Effekt Baureihe	423	1362	25.5	11.6	10.5	168.4
		143	491	30.4	10.8	3.9	114.4
		401	164	28.7	10.3	10.3	63.6
	Effekt Situation	Bahnübergang	1899	28.2	10.9	10.3	150.0
		Signal	160	24.8	12.7	10.1	80.2
	Gesamt		2177	26.8	11.4	9.0	141.9

Im Mittel beträgt der Abstand in etwa 27 Meter, wobei der Einfluss der Baureihe und der Unterschied zwischen dem Anhalten vor einem Bahnübergang und vor einem Signal nicht sehr groß ausfällt (Abbildung 77). Der Abstand, den die Tf beim Halt vor dem ersten Bahnübergang einhalten korreliert mit dem Abstand, den sie zum zweiten Bahnübergang einhalten (r=0.55 bis r=0.71).

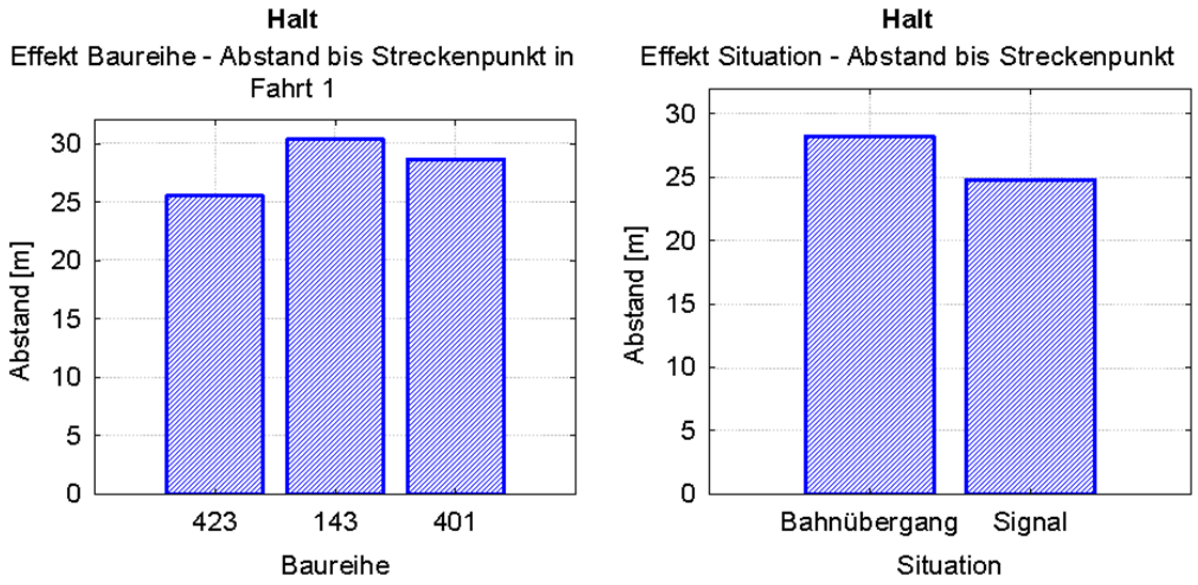


Abbildung 77: Effekt der Simulatorbaureihe(in Fahrt 1; links) und der Situation (rechts) auf den Abstand bis zum relevanten Streckenpunkt bei einem Halt.

9.7 Weitere Analysen

9.7.1 Einfluss der Fahrt

Im Folgenden soll der Frage nachgegangen werden, welchen Einfluss die jeweilige Überwachungsfahrt mit ihren unterschiedlichen Ereignissen auf die Beurteilung durch den Instruktor und die simulatorbasierte Auswertung hat. Tabelle 36 stellt die Beurteilungen der Instruktoren in Abhängigkeit von der Überwachungsfahrt dar.

Tabelle 36:Beurteilungen der Instruktoren in Abhängigkeit von der Überwachungsfahrt.

Fahrt	N	Gesamtnote		Vorbesprechung		Fehleranteil	
		Mittelwert	Std.-abw.	Mittel-wert	Std.-abw.	Mittel-wert	Std.-abw.
Fahrt 1	626	2.4	1.1	95.6%	7.2%	4.2%	5.5%
Fahrt 3	84	2.3	0.7	94.0%	7.3%	6.0%	5.1%
Fahrt 5	34	2.3	1.0	97.8%	5.6%	4.1%	5.9%
Fahrt 6	285	2.0	0.8	96.4%	6.1%	2.4%	3.8%

Sowohl die Gesamtnote als auch der Fehleranteil deuten in Fahrt 6 auf eine bessere Leistung der Tf hin (Abbildung 78). Der Anteil der korrekten Antworten in der Vorbesprechung liegt in den LZB-Fahrten höher als in den PZB-Fahrten. Insbesondere in Fahrt 3 zeigen die Tf vermehrt Wissenslücken. Dies liegt insbesondere am abgefragten Wortlaut des Notrufs.

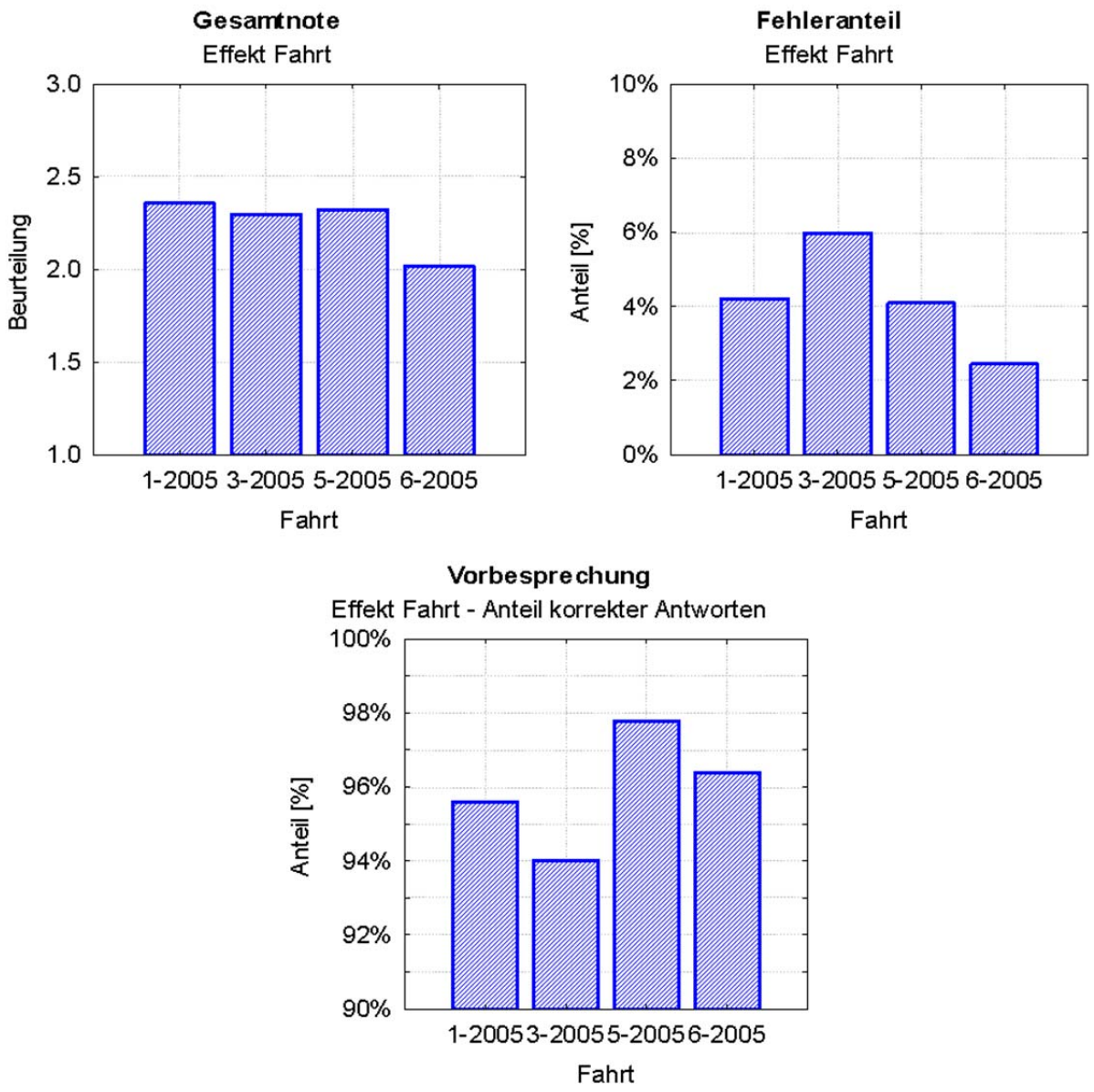


Abbildung 78: Effekt der Überwachungsfahrt auf das Instruktorurteil (oben links: Gesamtnote, oben rechts: Fehleranteil, unten: Vorbesprechung).

Im Vergleich zu der Beurteilung durch die Instruktoren stellt Tabelle 37 die Gesamtleistung der Tf nach Auswertung der Simulatordaten dar.

Tabelle 37: Gesamtleistung im Simulator in Abhängigkeit von der Überwachungsfahrt.

Fahrt	N	Anteil Auffälligkeiten		Anteil Fehler	
		Mittelwert	Std.-abw.	Mittelwert	Std.-abw.
Fahrt 1	1029	20.6%	11.4%	12.8%	10.5%
Fahrt 3	110	7.1%	7.7%	16.6%	10.8%
Fahrt 5	52	37.8%	8.6%	15.8%	7.2%
Fahrt 6	123	34.8%	12.6%	11.0%	8.8%

Abbildung 79 zeigt, dass die Tf während der Fahrt 3 am wenigsten Auffälligkeiten gezeigt haben. Bei Betrachtung des Fehleranteils wird die Ähnlichkeit zum Instruktorurteil deutlich: Fahrt 6 ist

auch bei einer objektivierten Auswertung der Simulatordaten durch einen geringeren Fehleranteil gekennzeichnet.

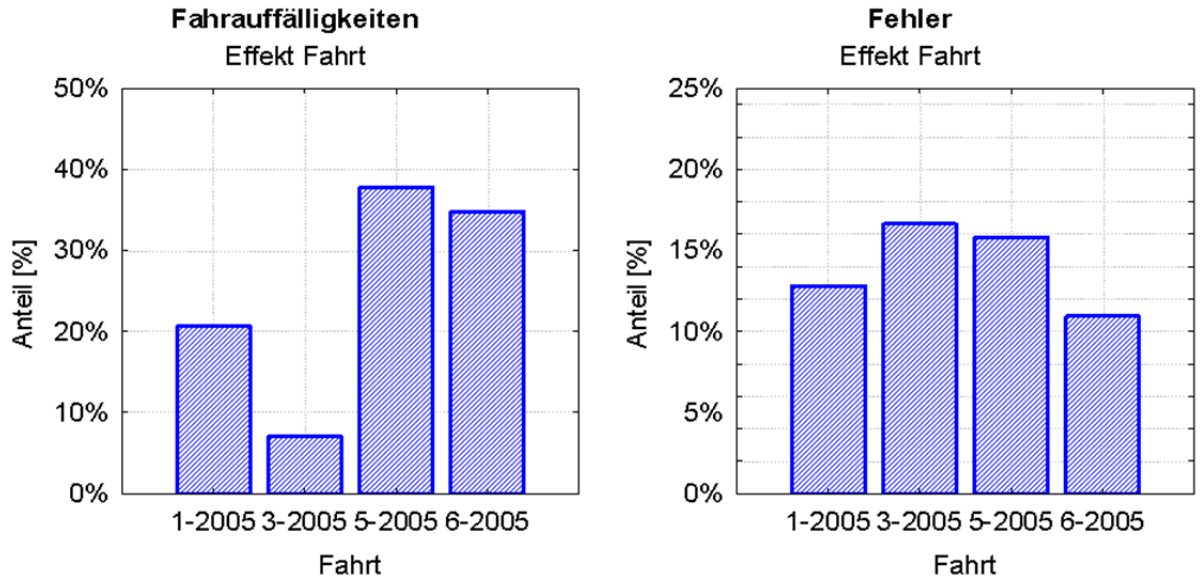


Abbildung 79: Effekt der Überwachungsfahrt auf die Gesamtleistung im Simulator (links: Auffälligkeiten, rechts: Fehleranteil).

9.7.2 Einfluss des Unternehmensbereichs und der Baureihenkenntnis

Neben der Fahrt haben auch der Unternehmensbereich, von dem der Tf kommt sowie die Baureihenkenntnis einen Einfluss auf die Leistung während der Überwachungsfahrt. Tabelle 38 stellt die Effekte beider Faktoren auf das Instruktorurteil dar.

Tabelle 38: Instruktorurteil in Abhängigkeit vom Unternehmensbereich und der der Baureihenkenntnis des Tf.

Effekt	Kategorie	N	Gesamtnote		Vorbesprechung		Fehleranteil	
			Mittelwert	Std.-abw.	Mittelwert	Std.-abw.	Mittelwert	Std.-abw.
Unternehmensbereich	Fern	252	1.9	1.1	96.4%	4.9%	2.5%	4.5%
	Cargo	193	2.4	0.8	95.1%	5.9%	4.8%	5.1%
	Nah	342	2.2	1.2	96.2%	7.3%	3.5%	3.8%
	S-Bahn	192	2.6	0.8	94.9%	5.8%	5.6%	3.7%
Baureihenkenntnis	sehr gut	197	1.8	0.9	95.8%	6.7%	3.1%	4.4%
	gut	504	2.3	1.0	96.4%	6.0%	3.7%	4.7%
	befriedigend	166	2.3	1.0	95.8%	6.0%	3.8%	4.8%
	ausreichend	87	2.5	0.9	93.7%	7.7%	6.2%	6.4%
	mangelhaft	38	2.6	1.1	93.4%	10.0%	3.7%	4.2%

Die Tf aus dem Unternehmensbereich Fernverkehr beenden die Fahrt mit einer besseren Note als die Tf aus den übrigen drei Unternehmensbereichen (Abbildung 80). Am schlechtesten schneiden die Tf der S-Bahn ab. Ein ähnliches Ergebnis zeigt auch der von den Instruktoren beobachtete Anteil an Fehlern während der Überwachungsfahrt.

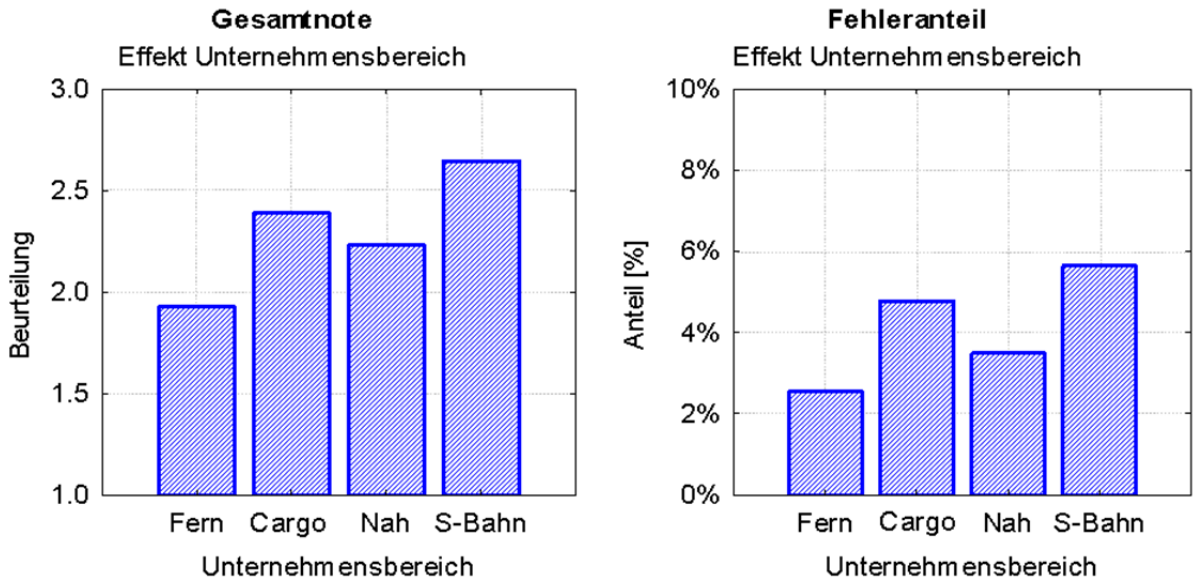


Abbildung 80: Effekt des Unternehmensbereichs auf das Instruktorurteil (oben links: Gesamtnote, oben rechts: Fehleranteil, unten: Beanspruchung).

Je schlechter die Baureihenkenntnis der Tf ist, desto schlechter ist die Note, die die Instruktoren am Ende der Fahrt vergeben (Abbildung 81). Auch der beobachtete Fehleranteil nimmt bei geringer Baureihenkenntnis zu, wobei die Instruktoren eine mangelhafte Baureihenkenntnis des Tf insoweit einbeziehen, dass sie keinen Fehler protokollieren, sondern diese Sollverhaltensabweichung erst gar nicht bewerten.

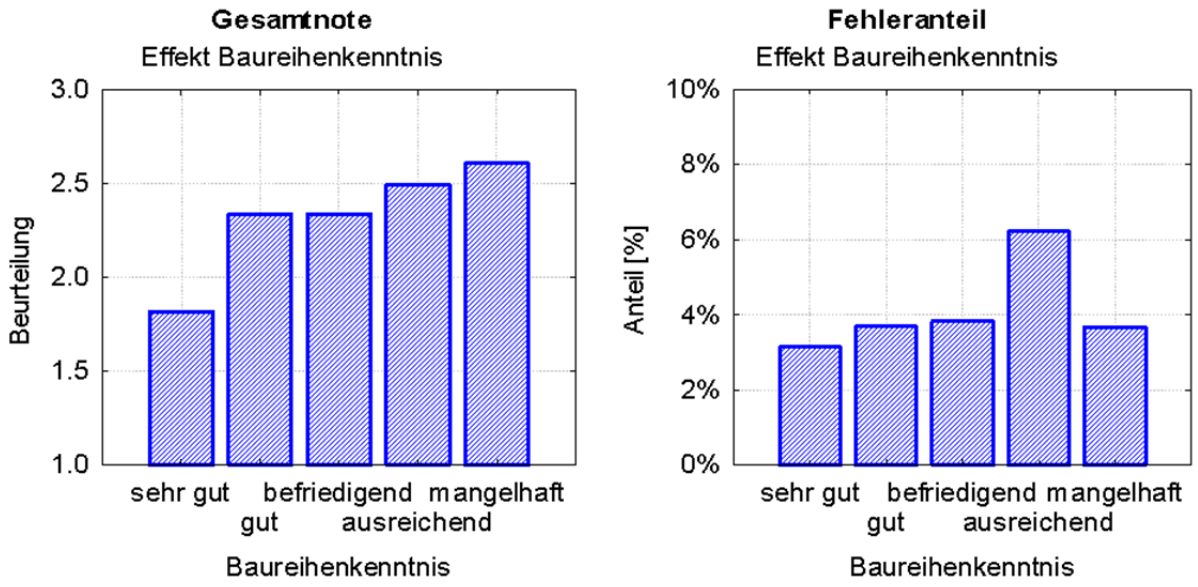


Abbildung 81: Effekt der Baureihenkenntnis auf das Instruktorurteil (oben links: Gesamtnote, oben rechts: Fehleranteil, unten: Beanspruchung).

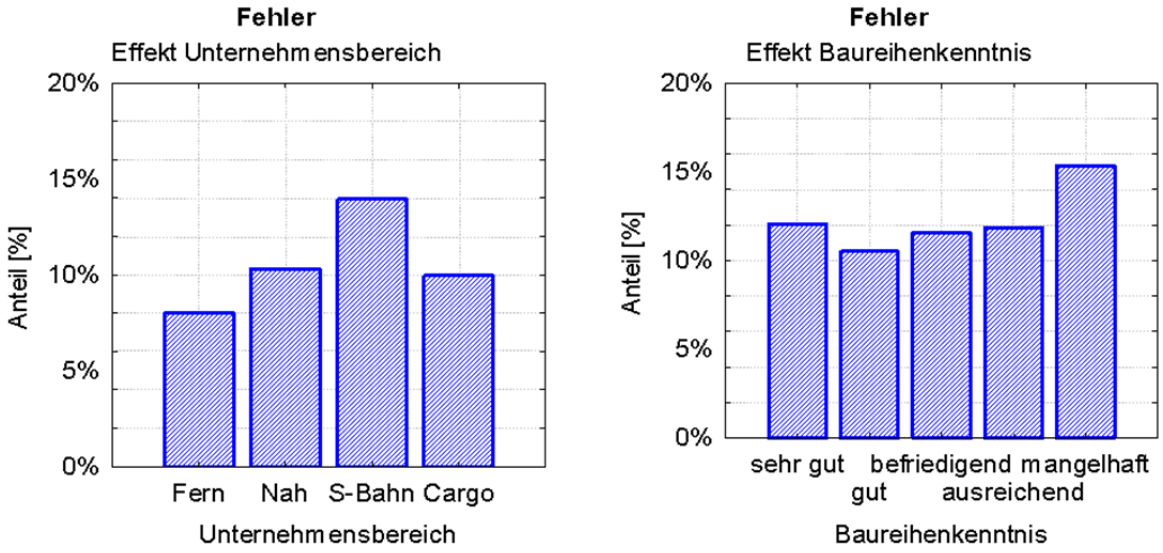
Für die Überwachungsfahrten, für die eine Zuordnung eines Protokollbogens zu den Simulatordaten möglich ist, wird der Einfluss des Unternehmensbereichs auf die objektivierte Beurteilung der Leistung wiederholt (Tabelle 39). Weiterhin stellt Tabelle 39 den Einfluss der Baureihenkenntnis dar und vergleicht das Urteil des Instruktors (Gesamtnote) mit den Daten aus der Simulation.

Tabelle 39: Verhaltensmarkerbasierte Auswertung von Überwachungsfahrten in Abhängigkeit von der Baureihenkenntnis, dem Unternehmensbereich und der Gesamtnote.

Effekt	Kategorie	N	Anteil Auffälligkeiten		Anteil Fehler	
			Mittelwert	Std.-abw.	Mittelwert	Std.-abw.
Unternehmens-bereich	Fern	17	22.3%	11.6%	8.0%	8.4%
	Nah	187	17.7%	9.9%	10.3%	9.3%
	S-Bahn	149	16.1%	10.2%	13.9%	10.4%
	Cargo	87	31.0%	11.6%	10.0%	8.7%
Baureihen-kenntnis	sehr gut	75	17.4%	10.2%	12.1%	9.7%
	gut	249	20.5%	12.0%	10.5%	9.6%
	befriedigend	59	25.6%	13.6%	11.6%	8.7%
	ausreichend	45	21.7%	12.2%	11.9%	9.6%
	mangelhaft	14	16.1%	8.1%	15.4%	13.1%
Gesamtnote	1	63	21.8%	10.8%	10.1%	9.0%
	2	272	19.5%	11.4%	10.5%	9.5%
	3	78	21.3%	13.8%	11.5%	9.3%
	4	16	29.0%	14.4%	17.8%	12.8%
	5	10	18.9%	12.5%	14.1%	8.9%
	6	17	20.5%	11.8%	15.6%	10.0%

Auch bei Betrachtung der auf den Simulatordaten basierenden Auswertung der Überwachungsfahrten zeigt sich, dass die Tf des Unternehmensbereichs Fernverkehr am besten abschneiden, wohingegen die Tf der S-Bahn die meisten Fehler begehen (Abbildung 82 oben links).

Eine mangelhafte Baureihenkenntnis führt zu häufigeren Fehlern während der Überwachungsfahrt (Abbildung 82 oben rechts). Zwischen einem Tf mit sehr guter und ausreichender Baureihenkenntnis finden sich allerdings keine wesentlichen Differenzen.



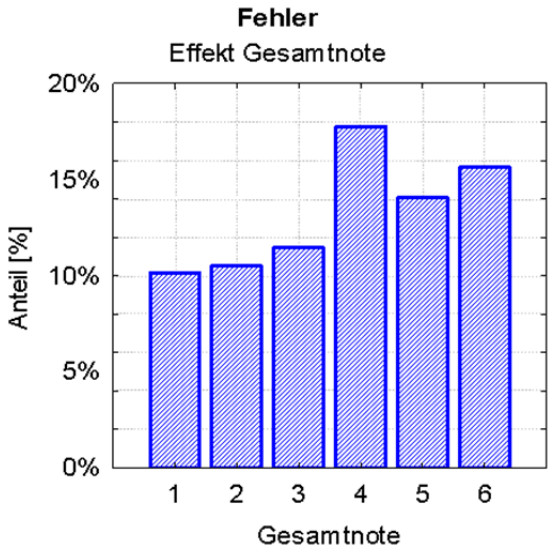


Abbildung 82: Effekt des Unternehmensbereichs, der Baureihenkenntnis und der Gesamtnote auf den Fehleranteil in der Gesamtfahrt.

Weiterhin zeigt sich durchaus ein Zusammenhang zwischen der vom Instruktor vergebenen Gesamtnote und dem verhaltensmarkerbasierten Fehleranteil (Abbildung 82 unten), allerdings ist dieser Zusammenhang nicht sehr deutlich. Der Unterschied zwischen einem vom Instruktor als sehr gut beurteilten Tf und einem mit der Note ungenügend beträgt lediglich etwa fünf Prozent. Dies zeigt sich auch bei Betrachtung der Korrelation. Diese beträgt lediglich r=0.15, was einem sehr geringen Zusammenhang entspricht.

9.8 Detektion sicherheitsrelevanter Fehler durch Simulator und Instruktor

Ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung eines Verhaltensmarkersystems, das auf eine automatisierte Auswertung von Fahrdaten basiert, ist die erhöhte Genauigkeit der Auswertung. Zum einen haben die vorherigen Analysen gezeigt, dass die automatisierte Auswertung mehr Sollverhaltensabweichungen detektiert als der Instruktor. Es zeigt sich aber auch, dass insgesamt mehr Leistungskriterien zur Verfügung stehen als vor der Einführung der Verhaltensmarker.

Von 45 Bewertungen, die für Sollverhaltensabweichungen während einer PZB-Fahrt vergeben werden können und die zuvor zu 100 Prozent vom Instruktor vorgenommen wurden, entfallen nach der Implementierung des Verhaltensmarkersystems nur noch 38 Prozent in den Verantwortungsbereich des Instruktors. 62 Prozent der Bewertungen können vom Simulator übernommen werden. Dies führt zu einer eindeutigen Entlastung des Instruktors. Bezogen auf die wichtigen und entscheidenden sicherheitsrelevanten Fehler, die während einer Fahrt auftreten können, erhöht sich der Anteil der automatisierten Auswertung sogar auf 65 Prozent (Abbildung 83).

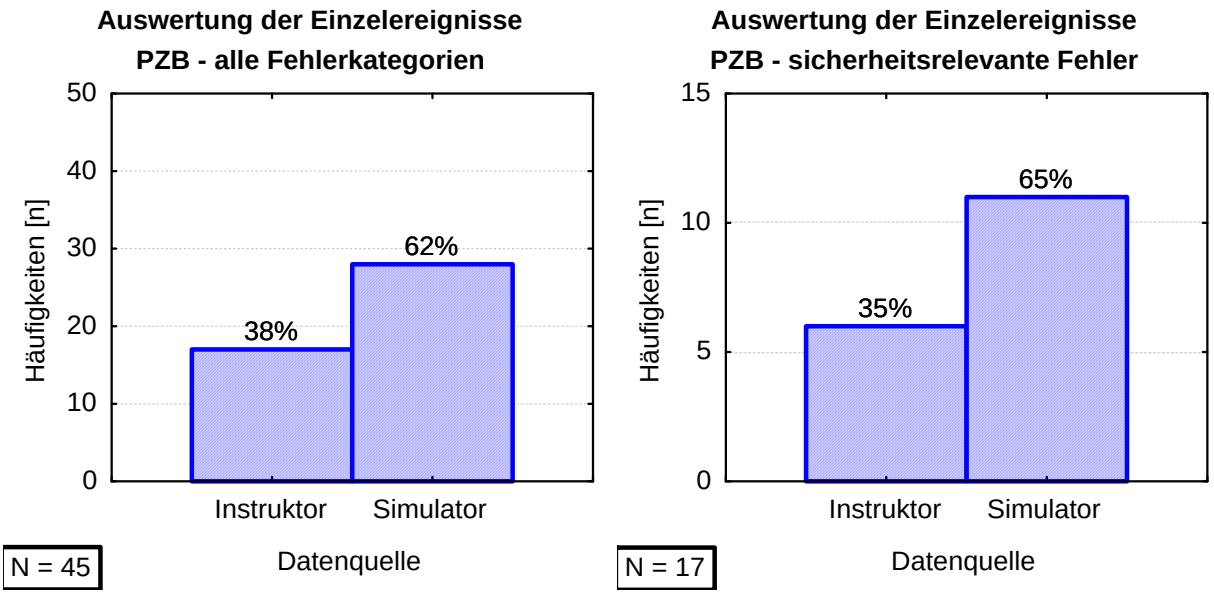


Abbildung 83: Anteile der Auswertung der PZB-Einzelereignisse durch den Instruktor bzw. den Simulator (links: alle Fehlerkategorien; rechts: sicherheitsrelevante Fehler).

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den 49 Bewertungen, die für Sollverhaltensabweichungen während einer LZB-Fahrt vergeben werden können. Hier entfallen 69 Prozent der Bewertungen auf den Simulator. Der Anteil der automatisierten Bewertung der sicherheitsrelevanten Fehler liegt sogar bei 80 Prozent (Abbildung 84).

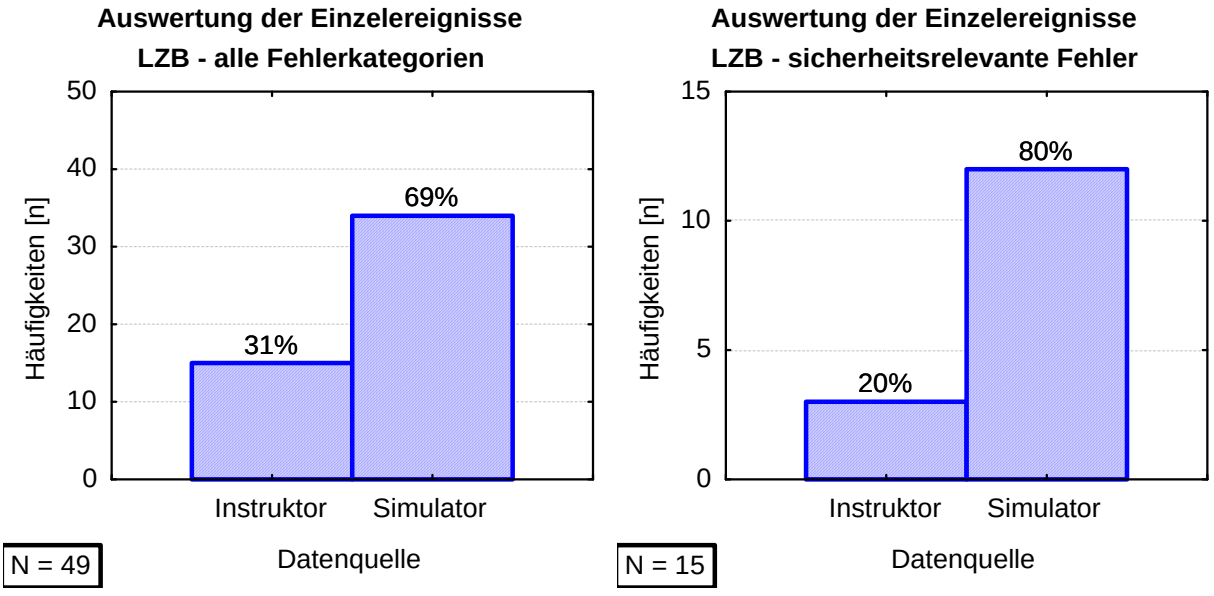


Abbildung 84: Anteile der Auswertung der LZB-Einzelereignisse durch den Instruktor bzw. den Simulator (links: alle Fehlerkategorien; rechts: sicherheitsrelevante Fehler).

Dieses Verhältnis wird noch verstärkt, wenn man sich die Auswertung einer konkreten Fahrt (hier: Fahrt 1) ansieht (Abbildung 85). Die Leistungsmessung und Leistungsbewertung der Fahrt 1 erfolgt zu 81 Prozent durch den Simulator und nur zu 19 Prozent durch den Instruktor. Der Anteil der sicherheitsrelevanten Bewertungen liegt sogar bei 87 Prozent.

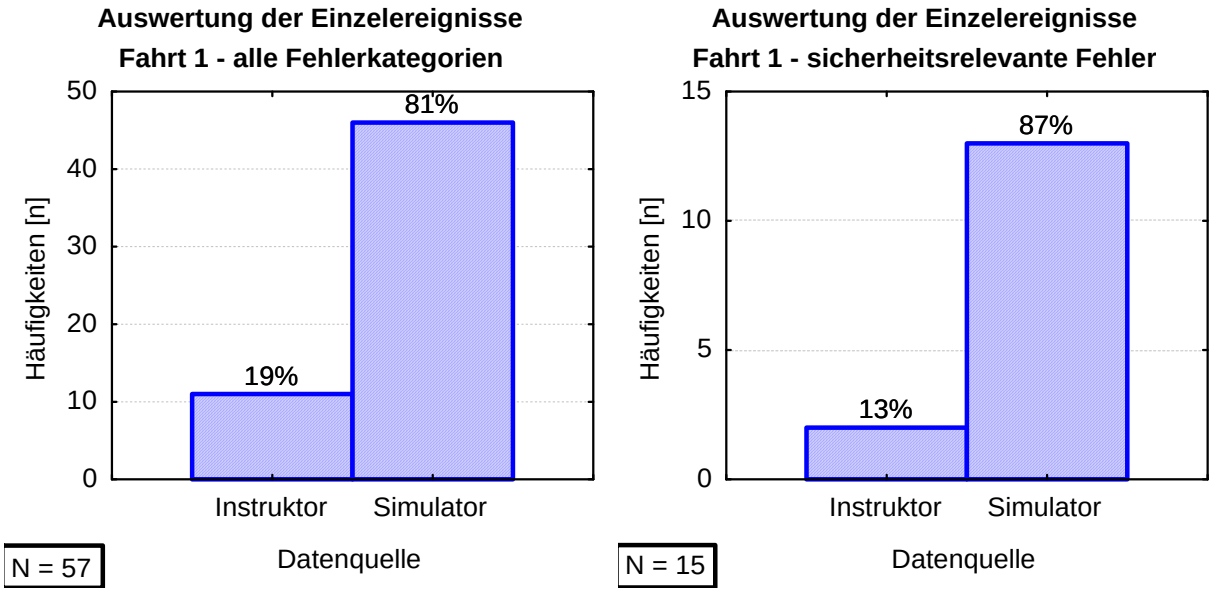


Abbildung 85: Anteile der Auswertung der Fahrt 1 durch den Instruktor bzw. den Simulator (links: alle Fehlerkategorien; rechts: sicherheitsrelevante Fehler).

Die Unterschiede zu den oben dargestellten Abbildungen kommen vor allem durch die Auswertung des Geschwindigkeitsverhaltens zustande, da jede konkrete Prüffahrt gleich mehrere Geschwindigkeitsabschnitte umfasst und diese vollständig automatisiert ausgewertet werden können.

9.9 Zusammenfassung der Ergebnisse

9.9.1 Ergebnisse der Protokollbogenauswertung

Wissen: Bei der Vorbesprechung zeigen die Tf insbesondere bzgl. der Definition des anschließenden Weichenbereichs, der 400m- und 2000m-Regelung und des Wortlauts des Notrufs Wissensmängel.

Gesamtbeurteilung: Die Mehrheit der Instruktoren (58 %) bewertet die Leistung der Tf während der Überwachungsfahrt als gut. Lediglich vier Prozent der Tf begehen nach Einschätzung der Instruktoren einen sicherheitsrelevanten Mangel.

Geschwindigkeitsverhalten: Auf freier Strecke fahren die Tf nie sicherheitsrelevant zu schnell. Im Weichenbereich wird nach Angabe der Instruktoren in 0.6 Prozent der Situationen sicherheitsrelevant zu schnell gefahren. Der entsprechende Wert für das Fahren auf Sicht beträgt 1.8 Prozent. Die Tf, die mit dem Simulator der Baureihe BR423 unterwegs sind, begehen deutlich mehr Geschwindigkeitsüberschreitungen als die Tf, die auf den übrigen Simulatorbaureihen überwacht werden.

Bremsverhalten: Die Instruktoren beobachten in 0.6 Prozent der Situationen eine zu späte oder fehlende Bedienung der Schnellbremsung und in 8.2 Prozent der Situationen eine zu späte oder fehlende Bedienung des Sanden-Schalters. Besonders mit dem Simulator der Baureihe BR423 machen die Tf Fehler bei der Unterstützung der Zwangsbremsung.

Kommunikationsverhalten: Nach Angabe der Instruktoren haben nur wenige Tf Schwierigkeiten mit der Kommunikation und der Befehlsübermittlung über Zugfunk. Lediglich die Einhaltung des korrekten Wortlauts bei der Absetzung des Notrufs fällt den Tf schwer. 13.6 Prozent der Tf füllen die schriftlichen Befehle falsch aus und 11.5 Prozent behandeln die ausgefüllten Befehlsvordrucke nach deren Ausführung falsch.

Einfluss des Unternehmensbereichs: Am besten schneiden die Tf des Geschäftsbereichs Fernverkehr ab, am schlechtesten die Tf des Geschäftsbereichs S-Bahn.

Einfluss der Baureihenkenntnis: Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Baureihenkenntnis und der Gesamtbeurteilung der Tf. Je höher die Baureihenkenntnis ist, desto besser ist die vergebene Gesamtnote.

9.9.2 Ergebnisse der Simulatordatenauswertung

Gesamtbeurteilung: Nach Auswertung der Simulatordaten begehen über 50 Prozent der Tf einen sicherheitsrelevanten Geschwindigkeitsfehler und etwa 30 Prozent einen sicherheitsrelevanten Bremsfehler.

Geschwindigkeitsverhalten: Auf freier Strecke wird in 2.2 Prozent der Situationen von den Tf sicherheitsrelevant zu schnell gefahren. Die entsprechenden Werte für das Geschwindigkeitsverhalten im Weichenbereich bzw. beim Fahren auf Sicht betragen 7.1 Prozent und 45 Prozent. Die Baureihe hat dahingehend einen Einfluss auf die Fehlerhäufigkeit, dass es einen leichten Effekt für größere Fehleranteile bei den Simulatorbaureihen BR423 und BR401 gibt.

Bremsverhalten: In 22.6 Prozent der Situationen, in denen die Tf eine Schnellbremsung hätten einleiten müssen, tun sie dies zu spät oder gar nicht. In 19.7 Prozent der Situationen findet das Sanden zu spät oder gar nicht statt. Vermehrt fehlerhaft ist die Unterstützung der Zwangsbremsung am Simulator der Baureihe BR 423.

Einfluss des Unternehmensbereichs: Die beste Leistung zeigen die Tf des Geschäftsbereichs Fernverkehr, am meisten Fehler zeigen sich bei den Tf des Geschäftsbereichs S-Bahn.

Einfluss der Baureihenkenntnis: Bei mangelhafter Baureihenkenntnis ist der Fehleranteil höher. Ein Unterschied zwischen sehr guter und ausreichender Baureihenkenntnis existiert nicht.

Eine Übersicht über die auf den beiden Informationsquellen Instruktor und Simulator beruhende Bewertung der Überwachungsfahrten gibt Tabelle 40:

Tabelle 40: Tabellarischer Vergleich der Bewertung durch die Instruktoren mit der verhaltensmarkerbasierten Auswertung der Simulatordaten.

Bereich	Instruktor	Simulator
Wissen	Wissensmängel bzgl. der Festlegung des anschließenden Weichenbereichs und des Wortlauts des Notrufs	-
Gesamtbeurteilung	Überwiegend gute Noten für die Tf (58% „gut“)	Über 50% der Tf zeigen sicherheitsrelevanten Geschwindigkeitsfehler und etwa 30% einen sicherheitsrelevanten Bremsfehler
Geschwindigkeit	Sicherheitsrelevante Situationen: Freie Strecke 0.0%, Weichenbereich 0.6%, Fahren auf Sicht 1.8%	Sicherheitsrelevante Situationen: Freie Strecke 2.2%, Weichenbereich 7.1%, Fahren auf Sicht 45%
Bremsverhalten	Sicherheitsrelevante Fehlbedienung der Schnellbremsung: 0.6% Fehlbedienung beim Sanden: 8.2%	Sicherheitsrelevante Fehlbedienung der Schnellbremsung: 22.6% Fehlbedienung beim Sanden: 19.7%
Kommunikation	Kaum Schwierigkeiten bei der Befehlsübermittlung über Zugfunk (Ausnahme: Kommunikationsschema beim Notruf). Umgang mit schriftlichen Befehlen häufiger fehlerhaft (falsches Ausfüllen 13.6%, falsches Behandeln 11.5%)	-
Einfluss Unternehmensbereich	Überdurchschnittliche Leistung der Fernverkehr-Tf, unterdurchschnittliche Leistung der S-Bahn-Tf	Überdurchschnittliche Leistung der Fernverkehr-Tf, unterdurchschnittliche Leistung der S-Bahn-Tf
Einfluss Baureihe	Deutlicher positiver Zusammenhang zwischen der Baureihenkenntnis und der Gesamtnote	Zusammenhang zwischen Baureihenkenntnis und Fehleranteil

10 DISKUSSION UND TRANSFER

10.1 Diskussion der Ergebnisse

Die verhaltensmarkerbasierte Auswertung der Überwachungsfahrten ermöglicht eine deutlich differenziertere Bewertung des Leistungsstands eines Tf. Es ist nicht nur möglich, sicherheitskritisches Verhalten („roter Bereich“) und ein optimales, fehlerfreies Verhalten („grüner Bereich“) festzustellen, sondern auch Aussagen über den „gelben Bereich“ zu treffen. (vgl. Abschnitt 3.2).

Bei einem Vergleich der Leistungsbewertung der Tf durch die Instruktoren und durch die Auswertung der Simulatordaten finden sich deutliche Unterschiede. Zwar schneidet ein Tf, der nach Anwendung der automatisierten Auswertung eine hohe Fehlerhäufigkeit zeigt mit größerer Wahrscheinlichkeit auch bei der Bewertung durch den Instruktor schlecht ab. Dieser Zusammenhang fällt allerdings nicht sehr hoch aus. Dies hat insbesondere zwei Ursachen: In die Bewertung durch die Instruktoren fließen neben der reinen Bewertung von Sollverhaltensabweichungen weitere Aspekte wie bspw. mangelnde Baureihenkenntnis ein. Die Instruktoren enthalten sich in diesen Fällen häufiger eines Urteils oder nutzen die Möglichkeit, die Fehlerschwere herabzusetzen, obwohl die Abweichung und die Fehlerzuordnung eine Einstufung in eine höhere Kategorie zur Konsequenz hätte haben müssen. Es ist auch festzustellen, dass nicht alle Sollverhaltensabweichungen von den Instruktoren festgestellt bzw. protokolliert wurden.

Insgesamt beurteilen die Instruktoren die Leistung der Tf in der Überwachungsfahrt relativ milde. Die Benutzung des Protokollbogens zeigt, dass die Instruktoren große Zurückhaltung dabei zeigen, dem Tf einen sicherheitsrelevanten Mangel zu bescheinigen. Dies liegt vermutlich an den Konsequenzen, die eine solchen Bewertung für den Tf nach sich zieht, d.h. der Tf wird keinen Dienst mehr übernehmen, bevor nicht eine Qualifizierung und erneute Überprüfung seiner Kompetenz vorgenommen wurde. Die Instruktoren sehen ihre Rolle eher als die eines Trainers, weniger als die eines Prüfers. Aus diesem Grund bescheinigen sie einem Tf nur dann eine mangelhafte Leistung in der Überwachungsfahrt, wenn die Anforderungserfüllung deutlich unterdurchschnittlich ausfällt. Bei Verwendung einer objektivierten verhaltensmarkerbasierten Bewertung fällt die Bewertung beträchtlich kritischer aus. Dies impliziert – zumindest bei Verwendung der aktuellen Fehlerkategorien und der dahinterliegenden Fehlerschwellen – eine beträchtlich höhere Quote an Tf, die die Überwachungsfahrt nicht erfolgreich bestehen.

So bleibt festzuhalten, dass die Tf während der Überwachungsfahrten ein signifikantes Ausmaß an Sollverhaltensabweichungen und damit verbundenen Fehlern gezeigt haben. Erst der Einsatz des in dieser Arbeit entwickelten Verhaltensmarkersystems, das auf die den Instruktor unterstützende automatisierte Aus- und Bewertung auf Basis der Simulatordaten fusst, kann dies zweifelsfrei belegen und darstellen.

Die Ergebnisse zeigt eines sehr deutlich: Die Bewertung der Sollverhaltensabweichungen hängt in hohem Maße von dem gewählten Klassifikationsschema der Fehlertabelle ab, d.h. von der Festlegung der Schwellenwerte und damit der Festlegung, (1) ab wann ein Verhalten als Sollverhaltensabweichung detektiert wird und (2) in welche Fehlerkategorie die Sollverhaltensabweichung einzuordnen ist.

Erschwerend hinzu kommt die Tatsache, dass das Regelwerk an vielen Stellen nur sehr vage formuliert, welches Verhalten überhaupt als Fehler anzusehen ist bzw. wie schwerwiegend eine mögliche Sollverhaltensabweichung ausfällt. Bezüglich der Schwellenwerte finden sich gar keine Angaben. Daher muss der Festlegung der Schwellenwerte und Fehlerkategorien ein fundierter

Diskussions- und Einigungsprozess voranstehen, in den alle beteiligten Stellen eingebunden werden müssen. Ansonsten werden die Ergebnisse der Leistungsbewertung immer angreifbar bleiben und auf wenig Akzeptanz stoßen.

Eine Anwendung der verhaltensmarkerbasierten Auswertung von Simulatorfahrten ist grundsätzlich auch bei Fahrten möglich, die keinen Überwachungscharakter aufweisen. Das auf Verhaltensmarkern beruhende Beurteilungskonzept lässt sich problemlos auf weitere Ereignisse und den damit verbundenen Sollverhaltensweisen erweitern. Auf diese Weise können auch die vorher definierte Anforderungsbereiche detailliert untersucht werden, um so bspw. den Umgang mit mehreren gleichzeitig auftretenden Anforderungen zu messen und hierfür eine Fahrt mit eigens dafür ausgewählten Ereignissen zu entwerfen.

Neben der individuellen Beurteilung ist es auch möglich, die Leistung des Tf im Vergleich zu anderen Tf einzuordnen und zu normieren. Weiterhin können mögliche Mängel in den Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten eines Tf beschrieben werden. Daraus lassen sich passende Qualifikationsmaßnahmen herleiten, die helfen, die berufliche Qualifikation und betriebliche Effizienz zu steigern. Die verhaltensmarkerbasierte Bewertung liefert somit die Grundlage für ein auf diesem Ergebnis aufbauenden Kompetenzmanagement- und Qualifizierungssystems, das allerdings eine weitergehende Nutzung der gewonnenen Daten und damit auch ihre Speicherung in einer Datenbank voraussetzt.

Unabhängig von dem hier gewählten Anwendungsbereich legen die Ergebnisse etwas sehr Grundlegendes nahe: Wenn es um die Beurteilung des menschlichen Verhaltens in einer vorher festgelegten Situation geht, dann sollte die Variation des gezeigten Verhaltens bei der Festlegung der Beurteilungskriterien unbedingt mitberücksichtigt werden und somit eine relative Beurteilung stärker in den Vordergrund rücken. Dies gilt vor allem dann, wenn ein Personenkreis über ein ähnliches Maß an Erfahrung (bspw. durch Ausbildung im Arbeitskontext) verfügt und damit die Variation, die durch einen unterschiedlichen Übungsgrad auftreten könnte, gering ausfällt (wie bspw. bei den Tf in der vorliegenden Arbeit).

Wenn eine stärkere Angleichung des Verhaltens durch Übung oder Qualifizierung nicht zu erreichen ist, mag dies im Ergebnis sogar dazu führen, dass sich die Umgebung, in der das Verhalten gezeigt und beurteilt wird (z.B. das Arbeitssystem), an diese „natürliche“ Variation anpassen sollte.

10.2 Transfer der Ergebnisse

10.2.1 Validierungsstudie

Ein Transfer der Ergebnisse in den Serienbetrieb setzt voraus, dass die Verhaltensmarker im Regelbetrieb zur Bewertung der Überwachungsfahrten verwendet werden und dieser Einsatz mit Hilfe einer Validierungsstudie wissenschaftlich begleitet wird. Mit Hilfe einer Validierungsstudie sollte daher im Vorfeld des Regeleinsatzes der Verhaltensmarker die Frage beantwortet werden, inwiefern die Ergebnisse der Leistungsmessung im Simulator mit anderen Leistungsmaßen des Tf zusammenhängen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde bereits eine Validierungsstudie geplant. Für die geplante Studie sollte das Ergebnis der Überwachungsfahrt mit externen Informationsquellen zur beruflichen Leistung des Tf verglichen werden und somit die Frage beantwortet werden, ob ein Tf, der im täglichen Einsatz umsichtig und kompetent agiert, auch bei einer Einschätzung unter der Verwendung von Verhaltensmarkern ein besseres Gesamturteil erhält als ein Tf, der in der täglichen Praxis Unsicherheiten und Mängel zeigt. Bei möglichen Abweichungen sollten diese quantifiziert und erklärt werden. Weiterhin sollte geprüft werden, inwiefern ein Tf, der unterschiedliche Überwachungsfahrten im Simulator absolviert, eine stets vergleichbare Bewertung erhält.

Folgende externe Kriterien stehen für die Untersuchung der Aussagekraft der Verhaltensmarker grundsätzlich zur Verfügung:

- Vorgesetztenbeurteilung: Einschätzung durch den direkten Vorgesetzten des Tf auf den Dimensionen des Kompetenzprofils
- Selbstbeurteilung: Selbsteinschätzung durch den Tf auf den Dimensionen des Kompetenzprofils
- Fahrtenregistrierung: Anzahl und Ursachen für Zwangsbremsungen

Das detaillierte Vorgehen sollte folgendermaßen aussehen und in zwei Pilotregionen durchgeführt werden: Der direkte Vorgesetzte wählt nach seiner Einschätzung sehr gute und weniger gute Tf aus und gibt mit Hilfe eines Fragebogens genaue Auskunft über die vorliegenden Kompetenzen und beruflichen Leistungen (Vorgesetztenbeurteilung). Daran anschließend findet dann eine Bewertung der Tf nach dem Konzept der Verhaltensmarker statt und es wird festgestellt, ob der Tf bei unterschiedlichen Fahrten im Fahrsimulator jeweils vergleichbar eingeschätzt wird oder ob das Abschneiden von Tagesform oder Fahrtereignissen abhängt. Weiterhin gibt der Tf mit Hilfe eines Fragebogens eine Einschätzung seiner eigenen beruflichen Kompetenz und Qualifikation an (Selbstbeurteilung). Als drittes externes Kriterium dient unter Vorbehalt der technischen und organisatorischen Machbarkeit eine Auswertung der Fahrtenregistrierungen. Diese werden für die beteiligten Tf auf Anzahl und Ursache möglicher Zwangsbremsungen untersucht.

Diese Studie konnte jedoch nicht durchgeführt werden. Von Seiten des ausgewählten Unternehmensbereiches wurde mitgeteilt, dass eine entsprechende Validierungsstudie erst nach weiterer Klärung mit den Betriebsleitern stattfinden könne. Insbesondere die Abstufungen der Fehler nach festgelegten Schwellenwerten müsse geklärt werden. Die Studie wurde daher auf unbestimmte Zeit verschoben.

Für die zweite Pilotregion konnte die entsprechende Geschäftsleitung für eine Zusammenarbeit gewonnen werden. Eine entsprechende Datenschnittstelle wurde eingerichtet. Auch das Versuchsdesign, die Stichprobe und die zu verwendenden Datenquellen standen bereits fest, sprich Protokollbogen für die Überwachungsfahrten, Vorgesetzteneinschätzung, Selbstbeurteilung durch den Tf und die Fahrtenregistrierung. Der Betriebsrat verweigerte jedoch schließlich die Zustimmung. Folgende Gründe wurden für diese Entscheidung genannt:

- unzumutbare Erhöhung des Leistungsdrucks der Tf durch die Studie
- nicht ausreichende Gewährleistung des Datenschutzes
- mögliche negative Konsequenzen für den Tf bei nicht bestandener Überwachungsfahrt
- Schulungswunsch des Tf zu bestimmten betrieblichen Situationen wird durch das festgelegte Studiendesign nicht mehr entsprochen
- freiwillige Teilnahme des Tf ist fraglich

Im Rahmen einer Wiedervorlage des Antrags auf Mitbestimmung ging die Geschäftsleitung auf die Ablehnungsgründe des Betriebsrats ein, berichtigte einige Missverständnisse und schlug eine persönliche Klärung und Diskussion der kritisierten Punkte vor. Auch diese Wiedervorlage wurde vom Betriebsrat abgelehnt.

In Zusammenhang mit einem Transfer der Projektergebnisse in den Serienbetrieb sollte erneut der Versuch unternommen werden, unter Mitarbeit der Unternehmensbereiche und der Sozialpartner eine Validierungsstudie durchzuführen.

10.2.2 Technische Umsetzung

Zur Umsetzung der wissenschaftlichen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in ein stabiles und modulares Auswertungsprogramm auf Basis der Verhaltensmarker sind neben einer Validierung der Ergebnisse auch weitere technische Arbeiten nötig. Im Rahmen einer technischen Umsetzung müsste bspw. gewährleistet werden, dass für die Programmierung der Auswertungsroutine und für die Pflege der Ereignisdatenbank eine benutzerfreundliche Bedienumgebung entwickelt wird.

Es ist außerdem erforderlich, die beiden augenblicklich noch getrennten Informationsquellen Simulator und Instruktor über ein leicht zu bedienendes Bewertungssystem zu integrieren. Dieses Bewertungssystem sollte eine Software sein, die an jedem Simulator läuft und vom Instruktor über eine graphische Benutzeroberfläche bedient werden kann. Die Software wertet zum einen die Daten des Fahrsimulators aus, zum anderen werden die Beobachtungen des Instruktors mit Hilfe eines elektronischen Protokollbogens erfasst.

Bei der Entwicklung des Programmpakets sind folgende Entwicklungsziele von zentraler Bedeutung:

- Stabile Auswertungssoftware, die eine auf Simulatordaten und Instruktorbeobachtung basierende, objektive und genaue Bewertung der Tf ermöglicht
- Benutzerfreundliche Bedienumgebung für die Definition und Erstellung von Fahrtauswertungen
- Online-Durchführung der Auswertung zeitlich parallel zur Überwachungsfahrt
- Modulares und zukunftssicheres Konzept, das eine zukünftige Änderung der Bewertungsrichtlinien, des Simulatorberichts und des Protokollbogens jederzeit ermöglicht
- Anpassbarkeit an Änderungen der Simulationshardware und -software
- Definition der Bewertung zukünftiger Überwachungsfahrten durch unternehmensinterne Mitarbeiter (ohne Folgeaufträge und erneuten Programmieraufwand)

Folgende Funktionen muss ein entsprechendes Programmpaket zur Verfügung stellen:

- Grafische Oberfläche für die Definition und Durchführung der Auswertung an allen Simulatortypen und für alle Überwachungsfahrten
- Implementierung einer modularen Protokoll- und Berichtsfunktion bestehend aus (a) einem Online-Simulatorbericht mit Ist-Soll-Darstellung, Druckfunktion und Modularität bezüglich der Zuordnung von Fehlerindizes zu den Sollverhaltensabweichungen sowie (b) einen elektronischen Protokollbogen für die Instruktorbeobachtung und automatische Eintragung von Simulatordaten
- Verknüpfung mit einer Datenbank und Datenbankfunktionen für spätere Gruppenauswertungen

10.2.3 Europäische Perspektive

Der augenblicklich erreichte Wissens- und Erfahrungsstand kann auch in die Entwicklung internationaler Maßstäbe und Standards zur Überprüfung des Kompetenzniveaus von Tf eingebracht werden. Um im Rahmen des Ausbaus des europäischen Schienenverkehrs das Sicherheitsniveau zu wahren und zu steigern, ist für die Leistung des Zugpersonals ein hohes Qualitätsniveau zu gewährleisten (vgl. „*Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Zertifizierung von mit dem Führen von Triebfahrzeugen und Lokomotiven im Eisenbahnnetz der Gemeinschaft betrautem Zugpersonal*“; Europäische Kommission, 2004). Dies gelingt nur, indem geprüft und sichergestellt wird, dass die Befähigung des Personals angemessen ist. Gemeinsame Vorschriften für die Zertifizierung von Fahrzeugführern sind durch die Europäische Kommission in der

Direktive 2007/59/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Zertifizierung von Triebfahrzeugführern (Europäische Kommission, 2007) umgesetzt worden und müssen nun in nationales Recht überführt werden. In dieser Richtlinie findet sich auch eine einschlägige Passage über die Nutzung von Simulatoren:

> *Die Ausbildung wird mit einer theoretischen und einer praktischen Prüfung abgeschlossen. Das Fahrkönnen wird auf Fahrten im Streckennetz bewertet. Simulatoren können auch zur Prüfung der Anwendung der Betriebsvorschriften und der Leistung des Triebfahrzeugführers in besonders schwierigen Situationen eingesetzt werden.*

Der Einsatz von Simulatoren zur Überprüfung legt es nahe, auch objektive Informationen für die Diagnose des Leistungsstandes heranzuziehen. Das entwickelte Konzept der Verhaltensmarker stellt hierfür eine wissenschaftlich fundierte und praktisch einsetzbare Lösung dar.

Nach wie vor besteht allerdings auch ein flächendeckendes Manko in der Nutzung der Simulationsdaten (Schmitz & Maag, 2008), obwohl sich die Fahrsimulation bei den größeren Eisenbahnverkehrsunternehmen flächendeckend durchgesetzt hat. Entweder werden diese Daten gar nicht genutzt oder es besteht nur die Möglichkeit, rudimentäre Simulationsberichte in Form von *log files* ausdrucken zu lassen. Dies ist aber besonders problematisch, wenn mit den Prüffahrten auch ernsthafte Konsequenzen wie der Verlust der Fahrlizenz verbunden sein können. Dann sollte sich das Unternehmen im Falle einer arbeitsrechtlichen Auseinandersetzung absichern können, dem Tf aber auch schon während der Prüffahrt nachweis- und belegbar die Fahrfehler aufzeigen.

Um auf dieses Manko zu reagieren, wurde das europäische Projekt 2TRAIN aufgesetzt. Hieran nahmen neben Forschungseinrichtungen sowohl Eisenbahnverkehrsunternehmen als auch Simulatorhersteller teil. Ein Ziel des Projekts war es, das hier entwickelte Verhaltensmarkersystem an unterschiedlichen Simulatoren in Europa zu implementieren und durch die Entwicklung von weiteren technischen Zusatzmodulen (s.o.), eine Leistungsmessung auch *online* zu ermöglichen. Dabei hat sich vor allem das in dieser Arbeit entwickelte Datenkonzept bewährt.

Um das Sollverhalten für jede Situation detailliert beschreiben und bewerten zu können, wurde ein regelbasiertes Expertensystem (*rule-based expert system*) entwickelt, in das das Sollverhalten hinterlegt werden kann und zusätzlich auch Toleranz- und Schwellenwerte zur Bewertung der Sollverhaltensabweichungen festgelegt werden können. Mit einem sogenannten Regeleditor können die Regeln für jede Fahrt zusammengestellt und an jede Fahrt und ihre Streckenspezifika angepasst werden. Für jede Fahrt erhält man so eine Regeldatei, die während des Starts einer Übungsfahrt von einem virtuellen Instruktor (*virtual instructor*) geladen wird. Dieser virtuelle Instruktor ist nun für den Vergleich des tatsächlich gezeigten Verhaltens mit dem Sollverhalten zuständig. Die Ergebnisse werden dann in einer Ergebnisdatenbank (*assessment database*) hinterlegt und als Simulatorbericht aufbereitet. Das regelbasierte Expertensystem stellt dem menschlichen Instruktor zusätzlich eine grafische Benutzeroberfläche zur Verfügung, an der auch die Sollverhaltensweisen bewertet werden, die nicht vom Simulator übernommen werden können (z.B. Kommunikationsinhalte). Auch erlaubt es dem Instruktor mit Hilfe einer Kommentarfunktion, Details der Beobachtung mit abspeichern zu lassen. Hierdurch wird die oben bereits erwähnte Integration von Simulatordaten und Instruktorurteil umgesetzt.

Um ein breites Anwendungsfeld zu gewährleisten, ermöglicht eine Datenschnittstelle (*common data simulation interface*), dass das gesamte System an unterschiedlichen Simulatoren unterschiedlicher Hersteller laufen kann. Abbildung 86 veranschaulicht die Interaktion der einzelnen Module. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Module findet sich bei Schmitz & Maag (2012).

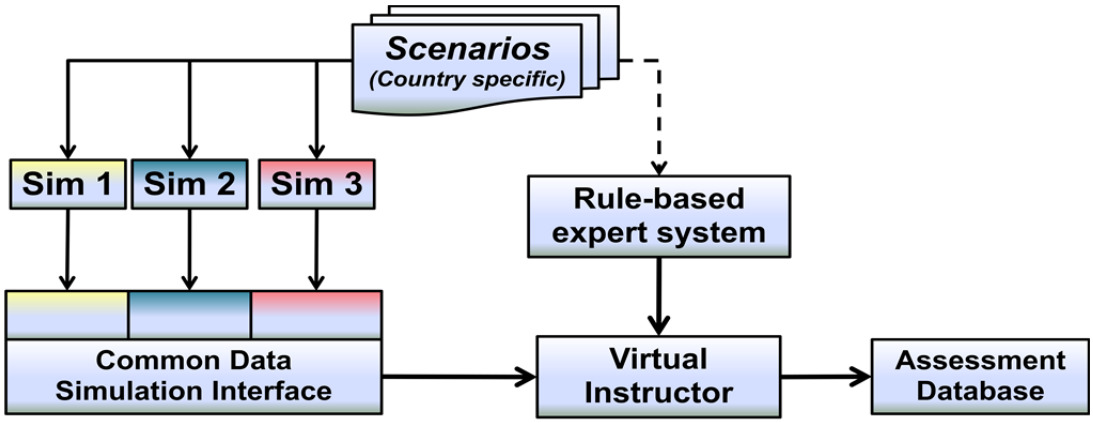


Abbildung 86: Schematische Darstellung der Interaktion der einzelnen 2TRAIN Simulatormodule (Sim = Simulator).

Um das System zu testen, nahmen europaweit mehr als 110 Tf und Instruktoren an der Evaluationsstudie teil. Im Mittelpunkt standen dabei die Akzeptanz des Bewertungskonzepts, die Bedienbarkeit der Software und die Aussagekraft der erhobenen Daten. Die Ergebnisse hinterlassen insgesamt einen sehr positiven Eindruck. Besonders der detaillierte Simulatorbericht wurde sowohl von den Tf als auch von den Instruktoren als sehr sinnvoll erachtet. Die *European Railway Agency* sieht in den Projektergebnissen einen Anknüpfungspunkt zu der schon oben genannten Direktive 2007/59/EC (2TRAIN consortium, 2010):

> *"The Directive 2007/59/EC also lays a focus on simulator usage for examining the application of operational rules and driver performance in particularly difficult situations and this is one of the key objectives in 2TRAIN. The 2TRAIN assessment system certainly has remarkable potential to enhance the capabilities of existing simulators and thus to update the existing technology. In addition, this development might have a positive effect on practicability, reliability and mutual acceptance of assessments in an international context."*

10.3 Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ergebnisse dieser Arbeit sehr positiv ausfallen. Zum einen ist es gelungen, die Genauigkeit und die Qualität der Bewertung der Überwachungsfahrt deutlich zu steigern. Die höhere Genauigkeit der automatisierten Bewertung kommt besonders bei der Auswertung der sicherheitsrelevanten Sollverhaltensweisen zum Tragen.

Des Weiteren entlastet die Einführung des Verhaltensmarkersystems den Instruktor in erheblichem Ausmaß. Die dadurch gewonnenen Ressourcen können bspw. für die Verhaltensbeobachtung, die Kommunikation oder die Protokollierung genutzt werden, um somit die Qualität der Beobachtung insgesamt zu steigern. Die Anwendung der Verhaltensmarker wird von den teilnehmenden Instruktoren akzeptiert und unterstützt.

Eine Rückmeldung von Seiten der Unternehmensbereiche der Deutschen Bahn AG zeigt, dass ein grundsätzliches Interesse an einer Anwendung des Verhaltensmarkerkonzepts besteht, auch um eine objektivere, genauere und transparentere Bewertung der Überwachungsfahrten zu erreichen.

Auch die Ergebnisse einer europäischen Studie unter zahlreichen Eisenbahnverkehrsunternehmen (Schmitz & Maag, 2008) unterstreicht die Einzigartigkeit des in dieser Arbeit entwickelten verhaltensmarkerbasierten Bewertungskonzepts, aber auch die Notwendigkeit, ein entsprechendes Konzept für den Serienbetrieb technisch weiterzuentwickeln. Eine vor allem technische Weiterentwicklung und damit ein Transfer der Ergebnisse im Rahmen des europäischen Eisenbahnprojekts 2TRAIN konnte die Eignung und Qualität des hier entwickelten Verhaltensmarkerkonzepts unterstreichen.

Allerdings stehen der tatsächlichen Umsetzung und Einführung im Bereich der Deutschen Bahn AG firmeninterne Hindernisse entgegen, die von außen kaum zu beeinflussen sind. Es ist zu hoffen, dass diese Arbeit mit ihren Ergebnissen dazu beiträgt, die entsprechenden Parteien von der Sinnhaftigkeit und den Vorteilen dieses Ansatzes zu überzeugen.

11 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel und Inhalt

Diese Arbeit beschreibt die Entwicklung und Anwendung einer simulatorgestützten Methode zur Kompetenzfestellung von Triebfahrzeugführern (Tf) der Deutschen Bahn AG mit Hilfe eines Verhaltensmarkersystems. Diese Methode wurde als ein erweitertes Konzept zur Bewertung der Leistung eines Tf im Rahmen einer jährlichen Überwachungsfahrt im Fahrsimulator entwickelt.

Die Überwachungsfahrt besteht aus einer etwa 45-minütigen Prüfungsfahrt, mit deren Hilfe die Handlungssicherheit eines Tf erhöht sowie dessen Leistung und Leistungsfähigkeit beschrieben und bewertet wird. Während der Simulatorfahrt werden schwierige Ereignisse eingespielt, die der Tf unter Anwendung der in den Konzernrichtlinien vorgeschriebenen Sollverhaltensweisen bewältigen muss. Ziel ist es, keinen sicherheitsrelevanten Mangel zu verursachen. Da die Qualifikation der Tf maßgeblichen Einfluss auf die Sicherheit und Qualität des Bahnbetriebs hat, ist eine genaue und detaillierte Leistungsdiagnose jedes Tf von zentraler Bedeutung.

Um Abweichungen vom vorgeschriebenen Verhalten besser erkennen und bewerten zu können, werden sogenannte Verhaltensmarker eingeführt. Hierbei handelt es sich um objektive und nachprüfbare Indikatoren/Kriterien für die Fähigkeiten und Leistungen des Tf während der Überwachungsfahrt.

Konzept und Datenquellen

Grundlage der entwickelten Verhaltensmarker ist ein Datenkonzept, das auf den Konzernrichtlinien der Deutschen Bahn AG und den darin beschriebenen Fahrtereignissen inklusive der darin vorgeschriebenen Sollverhaltensweisen beruht. Viele der in den Richtlinien beschriebenen Ereignisse behandeln betrieblich unregelmäßige Situationen, auf die ein Tf den Vorschriften entsprechend reagieren muss. Die Überwachungsfahrt wird aus diesen Einzelereignissen zusammengestellt. Somit entspricht auch das während der Überwachung zu zeigende Verhalten dem in den Konzernrichtlinien beschriebenen Sollverhalten.

Zentral für die Bewertung einer Überwachungsfahrt ist zum ersten die Entdeckung von Sollverhaltensabweichungen. Zum zweiten stellt sich die Frage nach der Fehlerschwere. Schließlich ist zu klären, welche Bedeutung Fehler und Fehlerschwere für die Gesamtbewertung der Überwachungsfahrt im Kontext der beruflichen Qualifikation des Tf haben. Entsprechend dieser Fragen wurde ein Verfahren entwickelt, in dem objektive Fahrdaten aus dem Simulator herangezogen wurden, um Art und Stärke der Abweichungen vom Sollverhalten zu bestimmen. Zusätzlich wurde ein standardisiertes Beobachtungsverfahren für die Instruktoren entwickelt. In einem zweiten Schritt wurden die über beide Verfahren erfassten Abweichungen vom Sollverhalten auf der Basis von Expertenurteilen entsprechend der potentiellen Auswirkungen gewichtet. Diese Gewichtung reicht in drei Stufen von leichten Fehlern bis hin zu sicherheitsrelevanten Mängeln. Für alle in den Überwachungsfahrten vorkommenden Sollverhaltensweisen wurden mögliche Abweichungen erhoben und in einer Fehlertabelle den Fehlerkategorien „geringer Fehler“, „mittelschwerer Fehler“ und „sicherheitsrelevanter Fehler“ zugeordnet. Die so gewichtete Fehlerbetrachtung führt zu einer Gesamtbewertung des Tf und zu einer detaillierten Analyse seiner Stärken und Schwächen. Auf der Grundlage der aufgezeichneten Rohdaten des Simulators wird ein detaillierter Simulatorbericht der Überwachungsfahrt erstellt.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 1033 Überwachungsfahrten von den Instruktoren auf einem projektspezifischen Bogen protokolliert. Über die an den Simulatoren vorhandenen Datenschnittstellen wurden 1314 Überwachungsfahrten aufgezeichnet.

Insgesamt beurteilen die Instruktoren die Leistung der Tf in der Überwachungsfahrt relativ milde. Bei Verwendung einer objektivierten, auf Verhaltensmarkern basierten Bewertung fällt die Beurteilung beträchtlich kritischer aus. Während die Instruktoren den Tf für die Gesamtfahrt überwiegend gute Noten geben, zeigt die Auswertung der Simulatordaten erhebliche Fehlerhäufigkeiten (unter Verwendung des verwendeten Bewertungsschemas). Ein erheblicher Teil der Tf zeigen sicherheitsrelevante Geschwindigkeitsfehler und sicherheitsrelevanten Bremsfehler. Fehlerquellen sind vor allem das Fahren auf Sicht, die Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich sowie die fehlerhafte Bedienung von Schnellbremsung und Sanden. Akzeptiert man die verwendete Fehlerklassifikation, ergibt sich somit als Ergebnis der Überwachungsfahrten ein gravierendes Ausmaß an Fehlern und Sollverhaltensabweichungen. Erst der Einsatz einer objektivierten teilautomatisierten Auswertung der Überwachungsfahrt kann Abweichungen vom vorgeschriebenen Verhalten zweifelsfrei belegen und darstellen. Dies gilt insbesondere für die Sollverhaltensweisen, die grundsätzlich zu einem sicherheitsrelevanten Fehler führen können.

Diskussion und Transfer

Die Anwendung des in dieser Arbeit entwickelten Verhaltensmarkersystems hat nachweislich die Qualität und Genauigkeit der Bewertung verbessert. Die Verhaltensmarker ermöglichen eine differenziertere Bewertung des Leistungsstands eines Tf. Es ist nicht nur möglich, sicherheitskritisches Verhalten („roter Bereich“) und ein optimales, fehlerfreies Verhalten („grüner Bereich“) festzustellen, sondern auch Aussagen über den „gelben Bereich“ dazwischen zu treffen (z.B. Mängel, die in anderen Situationen sicherheitskritisch sein können).

Der durch die Arbeit erreichte Wissens- und Erfahrungsstand bezüglich einer objektivierten und transparenten Beurteilung des Leistungsstands von Tf während einer Simulatorfahrt konnte auch in die Entwicklung internationaler Maßstäbe und Standards zur Überprüfung des Kompetenzniveaus von Tf im Rahmen des 2TRAIN-Projekts eingebracht werden.

12 LITERATURVERZEICHNIS

2TRAIN consortium (2010). *Executive summary report on computer-based railway training in Europe.* 2TRAIN Project report. Available at http://www.2train.eu.

Alessi, S. M. (1988). Fidelity in the design of instructional simulations. *Journal of computer-based instruction*. 15(2), 40-47.

Andersen, T. (1999). Human reliability and railway safety. In *Proceedings of the 16th ESReDA seminar Safety and Reliability in Transport* (pp. 1-14), Oslo, Norway.

Balzer, W. K. & Sulsky, L. M. (1992). Halo and performance appraisal research: A critical examination. *Journal of Applied Psychology*, 77(6), 975-985.

Becker, F. G. (1994). *Grundlagen betrieblicher Leistungsbeurteilungen* (2. Aufl.). Stuttgart: Schäfer-Pöschel.

Betriebsgefahr (2010). Rechtslexikon-Online. Zugriff am 08. Juli 2010. http://www.rechtslexikon-online.de.

Biehl, B. (1976). Simulatoren - ein Fortschritt für die Erforschung des Verkehrsverhaltens? *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 22(1), 3-6.

Bommer, W. H., Johnson, J. L., Rich, G. A., Podsakoff, P. M. & MacKenzie, S. B. (1995). On the interchangeability of objective and subjective measures of employee performance: A meta-analysis. *Personnel Psychology*, 48, 587-605.

Brazález, A. (2003). Metro Bilbao training simulator - the first experience of training novice drivers. In VDI-Gesellschaft (Hrsg.). *Simulation und Simulatoren - Mobilität virtuell gestalten* (VDI-Berichte Nr. 1745). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Buld, S., Krüger, H.-P., Hoffmann, S., Kaussner, A., Tietze, H. & Totzke, I. (2002). *Wirkungen von Assistenz und Automation auf Fahrerzustand und Fahrsicherheit.* Veröffentlichter Abschlussbericht Projekt EMPHASIS: Effort-Management und Performance-Handling in sicherheitsrelevanten Situationen. Würzburg: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW).

Cleveland, J. N., Murphy, K. R. & Williams, R. E. (1989). Multiple uses of performance appraisal: Prevalence and correlates. *Journal of Applied Psychology*, 74(1), 130-135.

Deutsche Bahn AG (Hrsg.) (2004). *Richtlinie 492.0001 – Triebfahrzeuge führen – Grundsätze.* Frankfurt am Main: Deutsche Bahn AG.

Deutsche Bahn AG (Hrsg.) (2005). *Richtlinie 492.0755 – Triebfahrzeuge führen – Streckenkenntnisrichtlinie.* Frankfurt am Main: Deutsche Bahn AG.

Deutsche Bahn AG (Hrsg.) (2009). *Richtlinie 408 – Züge fahren und Rangieren.* Frankfurt am Main: Deutsche Bahn AG.

Deutsche Bahn AG (Hrsg.) (2009). *Richtlinie 301 - Signalbuch.* Frankfurt am Main: Deutsche Bahn AG.

Eisenbahnbundesamt (2013). *Liste der öffentlichen Eisenbahnverkehrsunternehmen in Deutschland.* URL: http://www.eba.bund.de (abgerufen am 27. Februar 2013).

Elms, D. (2001). Rail safety. *Reliability Engineering and System Safety*, 74, 291-297.

Europäische Kommission. (2004). *Vorschlag für eine Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates über die Zertifizierung von mit dem Führen von Triebfahrzeugen und Lokomotiven im Eisenbahnnetz*

der Gemeinschaft betrautem Zugpersonal (KOM(2004) 0142 endg. - COD 2004/0048). Brüssel: Vorlage der Kommission der Europäischen Gemeinschaften.

Europäische Kommission (2007). *Richtlinie 2007/59/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Zertifizierung von Triebfahrzeugführern, die Lokomotiven und Züge im Eisenbahnsystem in der Gemeinschaft führen.* Amtsblatt Nr. L 315 vom 03/12/2007 S. 0051 – 0078.

Fiedler, J. (1999). *Bahnwesen*. Düsseldorf: Werner Verlag.

Flin, R. (1995). Crew resource management for teams in the offshore oil industry. *Journal of European Industrial Training*, 19(9), 23-27.

Flin, R. & Martin, L. (2001). Behavioral markers for crew resource management: a review of current practice. *The International Journal of Aviation Psychology*, 11(1), 95-118.

Forgas, J. P. & George, J. M. (2001). Affective influences on judgments and behavior in organizations: An information processing perspective. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 86(1), 3-34.

Fried, Y., Levi, A. S., Ben-David, H. A. & Tiegs, R. B. (2000). Rater positive and negative mood predispositions as predictors of performance ratings of ratees in simulated and real organizational settings: Evidence from US and Israeli samples. *Journal of Occupational Psychology*, 73, 373-378.

Gopher, D. & Braune, R. (1984). On the psychophysics of workload: Why bother with subjective measures. *Human Factors*, 26, 519-532.

Grauf, H.-H., Bügel, J., Coerdt, M., Lips, W., Licht, J., Löhhausen, F., Reiher, U. & Eisenblätter, H.-P. (2000). *Entgleisung des D 203 im Bahnhof Brühl am 6.02.2000*. Bonn: Eisenbahn-Bundesamt, Der Beauftragte für Unfalluntersuchung.

Gundlach, H. (1993). Das Psychotechnische Prüflaboratorium der Eisenbahndirektion Dresden. In H. E. Lück, R. Miller (Hrsg.). *Illustrierte Geschichte der Psychologie* (S. 257-262). München: Quintessenz.

Gundlach, H. (2009). Die Entstehung der Verkehrspsychologie unter besonderer Berücksichtigung der Eisenbahnpsychologie. In H.-P. Krüger (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie: Verkehrspsychologie - Band 2* (S. 587-638). Göttingen: Hogrefe.

Haftpflichtgesetz (2010). Bundesministeriums der Justiz. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/haftpflg/gesamt.pdf.

Hauenstein, N. M. A. (1992). An information-processing approach to leniency in performance judgments. *Journal of Applied Psychology*, 77(4), 485-493.

Helmchen, G. (1995). Technologiegestützte Ausbildungssysteme an der Mensch/Maschine-Schnittstelle. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.). *Simulation und Simulatoren für den Schienenverkehr* (VDI-Berichte Nr. 1219, S. 23-41). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Helmchen, G. & Predl, W. (2003). Moderne Simulatoren für das Training von Fahrpersonal von Schienen- und Radfahrzeugen. In VDI-Gesellschaft (Hrsg.). *Simulation und Simulatoren - Mobilität virtuell gestalten* (VDI-Berichte Nr. 1745). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Helmreich, R. L., Wilhelm, J. A., Kello, J., Taggart, W. & Butler, R. (1990). *Reinforcing and evaluating crew resource management: Evaluator/LOS instructor reference manual.* Austin: NASA/University of Texas.

Hörmann, H.-J., Burger, K. H. & Neb, H. (2003). Evaluation of pilot´s interpersonal skills. Usability of an integrated proficiency reporting from within Lufthansa. *Paper presented at the 12th International Symposium on Aviation Psychology*, Columbus, 14.-17. April 2003.

Hoffman, C. C., Nathan, B. R. & Holden, L. M. (1991). A comparison of validation criteria: objective versus subjective performance measures and self- versus supervisor ratings. *Personnel Psychology*, 44, 601-619.

Hoogstraten, J. A. & de Vries, A. J. (1995). Driver training simulators for light rail transport. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.). *Simulation und Simulatoren für den Schienenverkehr* (VDI-Berichte Nr. 1219, S. 71-83). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Junker, K. (1995). Das simulationsgestützte Ausbildungskonzept für Triebfahrzeugführer bei der Deutschen Bahn AG - Konzept und Realisierung. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.). *Simulation und Simulatoren für den Schienenverkehr* (VDI-Berichte Nr. 1219, S. 121-133). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Kanning, U. P. & Holling, H. (Hrsg.) (2002). *Handbuch personaldiagnostischer Instrumente*. Göttingen: Hogrefe.

Klampfer, B., Flin, R., Helmreich, R. L., Häusler, R., Sexton, B., Fletcher, G., Field, P., Staender, S., Lauche, K., Dieckmann, P. & Amacher, A (2001). Enhancing performance in high risk environments: Recommendations for the use of behavioural markers. *Report presented at the Behavioural markers workshop of the Kolleg Group interaction in high risk environments (GIHRE)*. Retrieved June 2010, at http://homepage.psy.utexas.edu/homepage/group/helmreichlab/publications/pubfiles/pub262.pdf.

Landy, F. J. & Farr, J. L. (1983). *Measurement of work performance: Methods, theory and applications*. New York: Academic Press.

Leutner, D. & Debus, G. (1995). Psychologische Aspekte der Belastung von Schienenfahrzeugführern im öffentlichen Personennahverkehr und Entwicklung eines simulatorgestützten Belastungs-Reduktions-Trainings. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.). *Simulation und Simulatoren für den Schienenverkehr* (VDI-Berichte Nr. 1219, S. 49-59). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Liu D., Macchiarella, N. D. & Vincenzi, D. A. (2009). Simulation fidelity. In D. A. Vincenzi, J. A. Wise, M. Mouloua and P. A. Hancock (Eds.). *Human factors in simulation and training* (pp. 61-74). CRC Press: Boca Raton.

Maag, C., Schmitz, M. & Fröschl, T. (2009). Psychologie im System Eisenbahn. In H.-P. Krüger (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie: Verkehrspsychologie - Band 2* (S. 639-710). Göttingen: Hogrefe.

Macek, R., Hall, W. & Paradi, F. (1995). Betriebs- und Stellwerkssimulation. In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.). *Simulation und Simulatoren für den Schienenverkehr* (VDI-Berichte Nr. 1219, S. 85-87). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Münsterberg, H. (1912). Psychological tests for accident prevention. *The electric railway journal*, 39, 394-395.

Neukum, A., Lang, B. & Krüger, H.-P. (2003). A Simulator-Based Training for Emergency Vehicle Driving. In *Proceedings of the Driving Simulation Conference (DSC)* 2003. Detroit, Michigan.

O´Connor, P. & Flin, R. (2003). Crew resource management training for offshore oil production teams. *Safety Science*, 41, 111-129.

O'Donnell, R. D., & Eggemeier, F. T. (1986). Workload assessment methodology. In: K. R. Boff, L. Kaufman & J. P. Thomas (Eds.). *Cognitive processes and performance* (Vol. 2, pp. 1–49). Oxford, England: John Wiley & Sons.

Olsen, E. C. B. (1995). The evolution of a virtual reality driving simulator: From law enforcement training to research and assessment. In Proceedings of the Third Annual International Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities, San Francisco, California.

Pachl, J. (2000). Zugbeeinflussungssysteme europäischer Bahnen. *Eisenbahntechnische Rundschau*, 49 (11), 725-733.

Pachl, J. (2004). Systemtechnik des Schienenverkehrs – Bahnbetrieb planen, steuern und sichern. Stuttgart: Teubner.

Rail Safety & Standards Board (2007). *Good practise guide on simulation as a tool for training and assessment*. Railway Group Standard RS/501 Issue 2. London: Rail Safety & Standards Board.

Rookmaaker, D. P. & Vorderegger, J. R. (1999). Human Interoperability - fact or science fiction? In M. Rentzsch (Hrsg.). *Verkehrs- und Arbeitssicherheit im Eisenbahnverkehr - Wege zur Vereinheitlichung* (IAS-Mitteilung 245, S. 1-64). Karlsruhe: IAS Institut für Arbeits- und Sozialhygiene Stiftung.

Schmitz, M. & Maag, C. (Eds.) (2008). *Benchmarking report on computer-based railway training in Europe*. 2TRAIN Project report. Available at http://www.2train.eu.

Schmitz, M. & Maag, C. (2012). Development of software add-on tools for enhancing the capabilities of train driving simulators. In J. Wilson, A. Mills, T. Clarke, J. Rajan & N. Dadashi (Eds.). *Rail Human Factors around the World: Impacts on and of People for Successful Rail Operations*. Leiden: CRC Press.

Schuler, H. (Hrsg.) (2004). *Lehrbuch der Personalpsychologie*. Göttingen: Hogrefe.

Schuler, H. & Stehle, W. (1983). Neuere Entwicklungen des Assessment Center-Ansatzes - beurteilt unter dem Aspekt der sozialen Validität. *Psychologie und Praxis*, 27(1), 33-44.

Schwentke, R., Hrivnak, I. & Dobrosi, A. (1999). Multifunction simulator developed for Hamburg. *International Railway Journal*, 39 (4), 25-27.

Seamster, T. L., Prentiss, F. A. & Edens, E. S. (1999). Implementing CRM skills within crew training programs. In *Proceeding of the 10th International Symposium of Aviation Psychology* (pp. 500-504). Columbus: Ohio State University.

Sieg, U. (1995). Verbesserung der Betriebsabläufe durch Simulation - Was erwarten die Betreiber? In VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.). *Simulation und Simulatoren für den Schienenverkehr* (VDI-Berichte Nr. 1219, S. 379-392). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Wagner, S. H. & Goffin, R. D. (1997). Differences in accuracy of absolute and comparative performance appraisal methods. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 70(2), 95-103.

Walker, A. & Bailey, S. (2002). Integrating simulation into driver training. *International Railway Journal*, 42(4), 32-33.

13 ANHANG

13.1 Variablen der Gesamttabelle

Tabelle 41: Variablen der Gesamtdatentabelle. Mfa: Multifunktions-Anzeigegerät; DI: Digital In; DO: Digital Out; Misc: Zugparameter; Ib: Interbus; Passed: Passierte Variablen.

Nr.	Variable	Bedeutung	Nr.	Variable	Bedeutung
1	sessiontime	Zeit seit Übungsbeginn	37	Passed_Station	Bahnhof
2	v	Geschwindigkeit	38	Passed_SaSig	statisches Signal
3	a	Beschleunigung	39	Passed_Switch	Weiche
4	trackId	Track Id	40	Passed_SwSigHsType	Hauptsignal – Typ
5	direction	Richtung auf dem Track	41	Passed_SwSigHsState	Hauptsignal – Zustand
6	waylength	Position auf dem Track	42	Passed_SwSigVrType	Vorsignal – Typ
7	pitch	Steigung/Gefälle	43	Passed_SwSigVrState	Vorsignal – Zustand
8	roll	Neigung um Längsachse	44	Passed_SwSigShType	Schutzsignal – Typ
9	r	Krümmung des Tracks	45	Passed_SwSigShState	Schutzsignal – Zustand
10	Mfa_DI_S	Mfa Taste S	46	Passed_SwSigLfType	Langsamfahrsignal – Typ
11	Mfa_DO_Schnarre	Mfa Leuchtmelder Schnarre	47	Passed_SwSigLfState	Langsamfahrsignal – Zustand
12	Mfa_DO_Sifa	Mfa Leuchtmelder Sifa	48	Passed_SwSigZs1Type	Zusatzsignal 1 – Typ
13	Mfa_DO_Not	Mfa Leuchtmelder Notbremse	49	Passed_SwSigZs1State	Zusatzsignal 1 – Zustand
14	Mfa_DO_Stoer	Mfa Leuchtmelder Störung	50	Passed_SwSigZs6Type	Zusatzsignal 6 – Typ
15	Mfa_DO_60	Mfa Leuchtmelder 60	51	Passed_SwSigZs6State	Zusatzsignal 6 – Zustand
16	Mfa_DO_B40	Mfa Leuchtmelder Befehl 40	52	Passed_SwSigZs7Type	Zusatzsignal 7 – Typ
17	Mfa_DO_75	Mfa Leuchtmelder 75	53	Passed_SwSigZs7State	Zusatzsignal 7–Zustand
18	Mfa_DO_500	Mfa Leuchtmelder 500 Hz	54	Passed_SwSigZs8Type	Zusatzsignal 8 – Typ
19	Mfa_DO_95	Mfa Leuchtmelder 95	55	Passed_SwSigZs8State	Zusatzsignal 8 – Zustand
20	Mfa_DO_1000	Mfa Leuchtmelder 1000 Hz	56	Ib_DI_BedPZBStoer	PZB Störschalter
21	Mfa_DO_B	Mfa Leuchtmelder B	57	Ib_DI_PZBBefehl	Taste Befehl
22	Mfa_DO_S	Mfa Leuchtmelder S	58	Ib_DI_PZBFrei	Taste Frei
23	Mfa_ANZ_FIst	Mfa Anzeige Brems-/Zugkraft	59	Ib_DI_PZBWachsam	Taste Wachsam
24	Mfa_ANZ_VIst	Mfa Anzeige Geschwindigkeit	60	Ib_DI_Notbremse	Nottastschalter Schnellbremsung
25	Misc_BR	Baureihe	61	Ib_DI_Makrofon	Makrofon Pult
26	Misc_trainconfig	Zugkonfiguration	62	Ib_DI_Sanden	Sanden
27	Misc_hour	Übungsstart Stunde	63	Ib_DI_FBHebelVB	Fahr-/Bremshebel Vollbremsung
28	Misc_min	Übungsstart Minute	64	Ib_DI_FBHebelSB	Fahr-/Bremshebel Schnellbremsung
29	Misc_sec	Übungsstart Sekunde	65	Ib_DI_FBHebelFahren	Fahr-/Bremshebel Fahren
30	Misc_friction	Reibung/Haftung	66	Ib_DI_FBHebelBremsen	Fahr-/Bremshebel Bremsen
31	Misc_BRA	Bremsart	67	Ib_DI_Makrofon_Fuss	Makrofon Fußraum
32	Misc_BRH	Bremshundertstel	68	Ib_DI_ZFSprechtaste	Sprechtaste Zugfunkhörer
33	Misc_ZL	Zuglänge	69	Ib_DI_ZFAbgehoben	Zugfunkhörer abgehoben
34	Misc_VMZ	Maximalgeschwindigkeit	70	Ib_DO_TfMikroauf	Mikro Tf
35	Misc_Stoer	Aktive Störung	71	Ib_DO_HoererZugtelefon	Hörer Zugtelefon
36	Misc_Schleudern	Schleudern	72	Ib_DO_MikroZugtelefon	Mikro Zugtelefon

13.2 Formale Beschreibung der Auswertungsroutine

Die Rohdatentabellen werden zu Beginn der Auswertung mit Hilfe der Software STATISTICA (StatSoft, 2009) importiert. Anschließend werden der Reihe nach die importierten Datentabellen aufgerufen und die enthaltenen Variablen mit der als Basis dienenden Tabelle der Fahrparameter zusammengefügt. Als Schlüsselvariable dient hierzu der Zeitparameter (sog. „sessiontime“). Solange für den entsprechenden Zeitschritt kein Eintrag in der hinzuzufügenden Variablen vorhanden ist, wird in die Gesamttabelle ein Missing-Wert eingetragen. Die Rohdatenprüfung erfolgt nach der Plausibilität der abgespeicherten Uhrzeit und dem Kriterium Dateigröße. Sollte der Instruktor bspw. eine falsche Fahrt geladen haben und bricht direkt ab und lädt darauf die richtige Fahrt, dann erkennt man dies sowohl an der geringen Dateigröße der falsche Fahrt als auch an der schnellen Folge der Übungsbeginne. Für die Fahrten, die zusätzlich protokolliert wurden, kann die Passung von Protokollbogen und Datendatei bzgl. des Übungsbeginns als weiteres Kriterium gelten. Als Ausgangstabelle für die Programmierung der Auswertungsroutine gilt die Gesamttabelle (*Tabelle 41*). Die individuelle Tabelle ist in einem Ordner abgelegt, der nach dem Datum und der Uhrzeit der Fahrt benannt ist.

Um auf die jeweilige Gesamttabelle *fahrparameter_Gesamt.sta* zugreifen zu können, wird zunächst der Ordner und ein Laufindex deklariert und einem Wert zugewiesen:

```
Dim Folder(1) As String
Folder(1)="E:\Rohdaten\Fahrt_1\BR423\2005_04_07_08_38_57"
Dim IndexDatensatz As Integer
For IndexDatensatz = 1 To 1
```

Als nächstes wird der Datensatz als Objektvariable definiert und als aktuelles Datenblatt gesetzt:

```
Dim TabGes As Spreadsheet
Set TabGes = Spreadsheets.Open (Folder(IndexDatensatz) +
"\sta\fahrparameter_Gesamt.sta")
TabGes.Visible = False
```

Für die spätere Verwendung wird zusätzlich die Variablenanzahl der Gesamttabelle deklariert und zugewiesen:

```
Dim AnzahlVariablen As Integer
AnzahlVariablen = TabGes.NumberOfVariables
```

Auch die einzelnen Variablen der Gesamttabelle müssen nun mit dem Befehl *Dim* deklariert werden. Gleichzeitig wird der Datentyp der Variable festgelegt. Am Beispiel:

```
Dim sessiontime As Integer
Dim v As Integer
Dim a As Integer
Dim trackId As Integer
```

In einem zweiten Schritt wird dann jeder Variable ein Wert zugewiesen. In diesem Fall wird jeder Variable als Ausdruck die entsprechende Spaltennummer der Gesamttabelle zugewiesen, um im späteren Verlauf darauf zugreifen zu können:

```
sessiontime = 1
v = 2
a = 3
trackId = 4
```

Für die spätere Auswertung wird darüber hinaus noch ein weiterer Laufparameter deklariert und zunächst auf den Wert ‘0’ gesetzt:

```
Dim Zähler As Integer
Zähler = 0
```

Im Vorfeld hat man sich auf eine Geschwindigkeitstoleranz von zunächst v =1.0 km/h festgelegt. Damit dieser Wert später in einfacher Weise angepasst werden kann, wird eine eigene Variable deklariert und der entsprechende Wert zugewiesen:

```
Dim vGrenzwertAbs As Double
vGrenzwertAbs = 1
```

Es kann durchaus vorkommen, dass die Fahrt am Simulator in Vorbereitung auf die nächste Überwachungsfahrt geladen wird, die eigentliche Fahrt aber wegen der Vorbesprechung etliche Minuten später beginnt. Daher wird als Fahrtbeginn die Überschreitung der Geschwindigkeit von v = 0.25 km/h definiert. Deklariert und zugewiesen wird der entsprechende Laufindex *x* und die dazugehörige *sessiontime*:

```
Dim Index_Fahrtbeginn As Long
Index_Fahrtbeginn = 0
Dim t_Fahrtbeginn As Double
t_Fahrtbeginn = 0
For x = 1 To TabGes.NumberOfCases
	If TabGes.Value(x,v) > 0.25 Then
		t_Fahrtbeginn = TabGes.Value(x,sessiontime)
		Index_Fahrtbeginn = x
		x = TabGes.NumberOfCases
	End If
Next
```

Im Folgenden werden allgemeine Informationen zur Fahrt aus den Daten extrahiert. Die Informationen beziehen sich auf die Baureihe, die Zugkonfiguration, die Bremsart, die Bremshunderstel, die Zuglänge, die zulässige Höchstgeschwindigkeit des Zuges und der Übungsbeginn. Bis auf die letzte Variable werden diese Informationen einmalig bei der Vorbereitung der Zugfahrt in die Gesamttabelle geschrieben. Für die Berechnung des tatsächlichen Übungsbeginns wird der oben zugewiesene Fahrtbeginn verwendet. Alle Variablen werden zunächst wieder deklariert und dann den entsprechenden Werten zugewiesen. Am Beispiel der Variable *Baureihe*:

```
Dim Info_BR As Double
Dim Bericht_Info_BR As String
Info_BR = 0
Bericht_Info_BR = ""
For x = Index_Fahrtbeginn To 1 Step -1
	If TabGes.Value(x,Misc_BR) <> -9999 Then
		Info_BR = TabGes.Value(1,Misc_BR)
		Bericht_Info_BR = "Baureihe: " + Str(TabGes.Value(x,Misc_BR))
		x = 1
	Else
		Bericht_Info_BR = "Baureihe: -"
	End If
Next
```

Die folgenden Abschnitte dienen der Detektion der wichtigsten Streckenpunkte aus der Gesamttabelle. Anhand dieser Streckenpunkte kann die Strecke dann in einzelne Streckenabschnitte gegliedert werden. Von besonderem Interesse sind hier die Detektion der Bahnhöfe und der Hauptsignale. Die Streckenpunkte werden dann im Anschluss für die Festlegung der Geschwindigkeitsabschnitte verwendet. Die Detektion dient auch der Plausibilitätsprüfung der Daten, vor allem hinsichtlich der Vollständigkeit.

Die Detektion eines Bahnhofs erfolgt über die Variable *Passed_Station*. Der Wert '1' markiert den Beginn, der Wert '0' das Ende:

```
Dim Arraylaenge_Bf As Integer
Arraylaenge_Bf = 0
For x = 1 To TabGes.NumberOfCases
	If TabGes.Value(x,Passed_Station) = 1 Then
		Arraylaenge_Bf = Arraylaenge_Bf + 1
	End If
Next
Zähler = 1
```

Zusätzlich werden mit Hilfe der Feldvariable *Bf_Array* der Laufindex (x), die Messzeit (sessiontime), das Gleis (trackid) und die Weglänge (waylength) am Beginn und am Ende eines Bahnhofs zugewiesen:

```
Dim Bf_Array() As Double
ReDim Bf_Array (1 To Arraylaenge_Bf, 8)
For x = 1 To TabGes.NumberOfCases
	If TabGes.Value(x,Passed_Station) = 1 Then
		Bf_Array(Zähler,1) = x
		Bf_Array(Zähler,2) = TabGes.Value(x,sessiontime)
		Bf_Array(Zähler,3) = TabGes.Value(x,trackId)
```

```
              Bf_Array(Zähler,4) = TabGes.Value(x,waylength)
              Zähler = Zähler + 1
       End If
Next
Zähler = 1
For x = 1 To TabGes.NumberOfCases
       If ((TabGes.Value(x,Passed_Station) = 0) And (Bf_Array(Zähler,2) <
TabGes.Value(x,sessiontime))) Then
              Bf_Array(Zähler,5) = x
              Bf_Array(Zähler,6) = TabGes.Value(x,sessiontime)
              Bf_Array(Zähler,7) = TabGes.Value(x,trackId)
              Bf_Array(Zähler,8) = TabGes.Value(x,waylength)
              Zähler = Zähler + 1
       End If
       If Zähler > Arraylaenge_Bf Then
              x = TabGes.NumberOfCases
       End If
Next
```

Das Fahrtende wird anhand der Messzeit und des Laufindex deklariert und als Erreichen des letzten Bahnhofs definiert. Es ist zu beachten, dass die Weglänge mit zunehmender Messzeit abnimmt. Die Fahrtlänge wird deklariert und als Differenz von Fahrtende und Fahrtbeginn berechnet:

```
Dim Index_Fahrtende As Long
Index_Fahrtende = 0
Dim t_Fahrtende As Double
t_Fahrtende = 0
For x = TabGes.NumberOfCases To 1 Step -1
       If ((TabGes.Value(x,trackId) = Bf_Array(5,3)) And (TabGes.Value(x,waylength)
< Bf_Array(5,4))) Then
              t_Fahrtende = TabGes.Value(x,sessiontime)
              Index_Fahrtende = x
              x = 1
       End If
Next
Dim Fahrtlaenge_s As Double
Dim Fahrtlaenge_m As Double
Fahrtlaenge_s = 0
Fahrtlaenge_m = 0
Fahrtlaenge_s = TabGes.Value(Index_Fahrtende,sessiontime)-
TabGes.Value(Index_Fahrtbeginn,sessiontime)
Fahrtlaenge_m = Fahrtlaenge_s/60
```

Die Bestimmung der Signalstandorte erfolgt mit Hilfe der Messzeit, der Weglänge und des Laufindex. Vom Fahrtbeginn ab wird das Passieren eines Hauptsignals *Passed_SwSigHsState* detektiert und einer bestimmten Signalbezeichnung zugeordnet. So ist das erste Hauptsignal der Fahrt 1 das Ausfahrsignal des Bahnhofs Hagen:

```
Dim t_AsigHagen As Double
t_AsigHagen = 0
Dim m_AsigHagen As Double
m_AsigHagen = 0
Dim Index_AsigHagen As Double
Index_AsigHagen = 0
For x = Index_Fahrtbeginn To TabGes.NumberOfCases
       If (TabGes.Value(x,Passed_SwSigHsState) = 1) Then
              t_AsigHagen = TabGes.Value(x,sessiontime)
              m_AsigHagen = TabGes.Value(x,waylength)
              Index_AsigHagen = x
              x = TabGes.NumberOfCases
       End If
Next
```

Die Bestimmung der weiteren Hauptsignalstandorte erfolgt analog. Da die Streckenpunkte jedoch hauptsächlich für die Bestimmung der Geschwindigkeitsabschnitte zu definieren sind, werden auch Streckenpunkte definiert, die sich nicht an konkreten physischen Objekten orientieren. Als Beispiel: Lautet die Weichenbereichsregel, dass der Zug erst dann hochbeschleunigen darf, wenn er mit der vollen Zuglänge (ZL) am Ausfahrsignal (Asig) vorbei gefahren ist, ist der maßgebliche Streckenpunkt als Asig + ZL zu definieren:

```
Dim t_AsigSuedendorfPlusZL As Double
t_AsigSuedendorfPlusZL = 0
```

```
Dim m_AsigSuedendorfPlusZL As Double
m_AsigSuedendorfPlusZL = 0
For x = Index_AsigSuedendorf To TabGes.NumberOfCases
       If (TabGes.Value(x,waylength) < m_AsigSuedendorf-Zuglaenge) Then
              t_AsigSuedendorfPlusZL = TabGes.Value(x,sessiontime)
              m_AsigSuedendorfPlusZL = TabGes.Value(x,waylength)
              x = TabGes.NumberOfCases
       End If
Next
```

Nachdem alle wichtigen Streckenpunkte definiert sind, folgt die Auswertung der eigentlichen Fahrt in chronologischer Reihenfolge. Hierfür werden mit Hilfe der Streckenpunkte Tabellenausschnitte, sogenannte *subsets,* aus der Gesamttabelle erzeugt. Diese Tabellenausschnitte umfassen genau die Messzeitpunkte zwischen zwei festgelegten Streckenpunkten. Das folgende Beispiel bezieht sich auf den Streckenabschnitt zwischen Streckenkilometer *km336* und dem Einfahrsignal des Bahnhofs Südendorf:

```
Dim TabGegengleis As Spreadsheet
Set TabGegengleis = TabGes.Subset("1-" + Str(AnzahlVariablen), "(sessiontime >" +
Str(t_km336) + ") and (sessiontime <" + Str(t_EsigSuedendorf) + ")","","","")
TabGegengleis.Visible = False
```

Für den Tabellenausschnitt *TabGegengleis* wird nun die Geschwindigkeit ausgewertet. Die erlaubte Höchstgeschwindigkeit in diesem Abschnitt ist laut Buchfahrplan v = 120 km/h. Es werden ausgewertet: Die gefahrene Höchstgeschwindigkeit *vmax*, die Dauer der Geschwindigkeitsüberschreitung *Dauer_vÜberschreitung* und die mittlere Geschwindigkeit *vmean*, jeweils bezogen auf den Fahrtabschnitt *Gegengleis*. Dafür muss die Ausgangsvariable *v* zunächst von [m/s] in [km/h] umkodiert und die Tabelle nach *v* absteigend sortiert werden.

```
TabGegengleis.Visible = False
TabGegengleis.VariableLongName(v) = "=v*3.6; Fahren Geschwindigkeit des Eigenzuges"
TabGegengleis.Recalculate v
TabGegengleis.SortData(v,scSortDescending,scSortByNumeric)
```

Anschließend werden die Geschwindigkeitsvariablen deklariert. Der Variable *vmax* wird nun der erste Wert der Variable *v* zugewiesen. Nach einer erneuten Sortierung der Tabelle wird die Dauer der Überschreitung detektiert:

```
Dim vmax_Gegengleis As Double
vmax_Gegengleis = 0
Dim Dauer_vÜberschreitung_Gegengleis As Double
Dauer_vÜberschreitung_Gegengleis = 0
vmax_Gegengleis = TabGegengleis.Value(1,v)
TabGegengleis.SortData(sessiontime,scSortAscending,scSortByNumeric)
For z=1 To TabGegengleis.NumberOfCases-1
       If TabGegengleis.Value(z,v) > 120+vGrenzwertAbs Then
              Dauer_vÜberschreitung_Gegengleis = Dauer_vÜberschreitung_Gegengleis +
                     (TabGegengleis.Value(z+1,sessiontime)-
TabGegengleis.Value(z,sessiontime))
       End If
Next
```

Für die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit ist zu beachten, dass Streckenteile, in denen die Fahrgeschwindigkeit im Vergleich zur erlaubten Höchstgeschwindigkeit sehr gering ist (v < 10 km/h) sowie Streckenteile, in denen stark gebremst wird (a < -0.3 m/s²), nicht mit in die Berechnung aufgenommen werden:

```
Dim vSumme_Gegengleis As Double
vSumme_Gegengleis = 0
Dim nSumme_Gegengleis As Double
nSumme_Gegengleis = 0
Dim vMean_Gegengleis As Double
vMean_Gegengleis = 0
For z=1 To TabGegengleis.NumberOfCases
       If ((TabGegengleis.Value(z,v) > 10) And (TabGegengleis.Value(z,a) > -0.3))
Then
              vSumme_Gegengleis = vSumme_Gegengleis + TabGegengleis.Value(z,v)
              nSumme_Gegengleis = nSumme_Gegengleis + 1
       End If
Next z
vMean_Gegengleis = vSumme_Gegengleis/nSumme_Gegengleis
```

Die Berechnung des Geschwindigkeitsverhaltens in den weiteren Streckenabschnitten erfolgt analog.

Die Bewertung des Bremsverhaltens (hier: Unterstützung einer Zwangsbremsung) orientiert sich an dem Leuchtmelder S in der Multifunktionsanzeige (Mfa), der dem Tf eine PZB/LZB-Zwangsbremsung anzeigt. Der Abschnitt der Überwachung des Bremsverhaltens endet mit dem Halt des Zuges.

```
Dim t_ZbSh158 As Double
Dim m_ZbSh158 As Double
For x = Index_ShHaag To TabGes.NumberOfCases
       If (TabGes.Value(x,Mfa_DO_S) = 1) Then
              t_ZbSh158 = TabGes.Value(x,sessiontime)
              m_ZbSh158 = TabGes.Value(x,waylength)
              Index_ZbSh158 = x
              x = TabGes.NumberOfCases
       End If
Next
Dim t_ZbHaltSh158 As Double
Dim m_ZbHaltSh158 As Double
Dim Index_ZbHaltSh158 As Double
For x = Index_ShHaag To TabGes.NumberOfCases
       If (TabGes.Value(x,v) < 0.25) Then
              t_ZbHaltSh158 = TabGes.Value(x,sessiontime)
              m_ZbHaltSh158 = TabGes.Value(x,waylength)
              Index_ZbHaltSh158 = x
              x = TabGes.NumberOfCases
       End If
Next
```

Ausgehend von dem Zeitpunkt der Aktivierung des Leuchtmelders *S* bis zum Halt des Zuges wird zunächst die Stellung und der Zeitpunkt der Betätigung des Bremshebels detektiert. Als Zielvariable wird die Zeitdauer zwischen Zwangsbremsung und Einleitung der Schnellbremsung berechnet.

```
Dim TabSh158Sb As Spreadsheet
Set TabSh158Sb = TabWangenHaag.Subset("1-" + Str(AnzahlVariablen),"(sessiontime > "
+ Str(t_ZbSh158) + ") and (sessiontime < " + Str(t_ZbHaltSh158) + ")","","","")
TabSh158Sb.Visible = False
Dim t_Sh158_SB As Double
t_Sh158_SB = -9999
Dim Sh158_SB As Integer
Sh158_SB = -9999
Dim dt_Sh158_SB As Double
dt_Sh158_SB = -9999
For z = 1 To TabSh158Sb.NumberOfCases
       If (TabSh158Sb.Value(z,Ib_DI_FBHebelSB) = 1) Or
(TabSh158Sb.Value(z,Ib_DI_Notbremse) = 1) Then
              t_Sh158_SB = TabSh158Sb.Value(z,sessiontime)
              Sh158_SB = 1
              z = TabSh158Sb.NumberOfCases
       Else
              Sh158_SB = 0
       End If
Next
dt_Sh158_SB = t_Sh158_SB - t_ZbSh158
```

Analog zur Stellung des Bremshebels wird auch die Betätigung des Sandenschalters ausgewertet:

```
Dim t_Sh158_Sanden As Double
t_Sh158_Sanden = -9999
Dim Sh158_Sanden As Integer
Sh158_Sanden = -9999
Dim dt_Sh158_Sanden As Double
dt_Sh158_Sanden = -9999
For z = 1 To TabSh158Sb.NumberOfCases
       If (TabSh158Sb.Value(z,Ib_DI_Sanden) = 1) Then
              t_Sh158_Sanden = TabSh158Sb.Value(z,sessiontime)
              Sh158_Sanden = 1
              z = TabSh158Sb.NumberOfCases
       Else
              Sh158_Sanden = 0
       End If
Next
dt_Sh158_Sanden = t_Sh158_Sanden - t_ZbSh158
```

Die anschließende Befehlsübermittlung wir hauptsächlich durch den Instruktor ausgewertet. Dennoch werden die Dauer der Befehlsübermittlung sowie die Zeit, die der Tf benötigt, die Zugfunkverbindung aufzunehmen, ausgewertet. Zur Auswertung wird der Zeitpunkt des Abhebens und des Auflegens des Hörers herangezogen:

```
Dim t_Sh158HörerAbheben As Double
t_Sh158HörerAbheben = 0
Dim t_Sh158HörerAuflegen As Double
t_Sh158HörerAuflegen = 0
Dim dt_Sh158Befehlsübermittlung As Double
dt_Sh158Befehlsübermittlung = 0
Dim dt_Sh158Zugfunkverbindung As Double
dt_Sh158Zugfunkverbindung = 0
For z = 1 To TabSh158Befehl.NumberOfCases
       If TabSh158Befehl.Value(z,Ib_DI_ZFAbgehoben) = 1 Then
              t_Sh158HörerAbheben = TabSh158Befehl.Value(z,sessiontime)
              z = TabSh158Befehl.NumberOfCases
       End If
Next
For z = 1 To TabSh158Befehl.NumberOfCases
       If (TabSh158Befehl.Value(z,Ib_DI_ZFAbgehoben) = 0) And
(TabSh158Befehl.Value(z,sessiontime) > t_Sh158HörerAbheben) Then
              t_Sh158HörerAuflegen = TabSh158Befehl.Value(z,sessiontime)
              z = TabSh158Befehl.NumberOfCases
       End If
Next
dt_Sh158Befehlsübermittlung = t_Sh158HörerAuflegen - t_Sh158HörerAbheben
dt_Sh158Zugfunkverbindung = t_Sh158HörerAbheben - t_ZbHaltSh158
```

Neben der Detektion der Signale ist für die vorliegende Fahrtauswertung auch die Detektion der Bahnübergänge von Bedeutung (hier exemplarisch für den ersten Bahnübergang dargestellt). Zur Bestimmung der Lage wird der bereits detektierte Signalstandort *Asig Haag* verwendet:

```
Dim t_BU1 As Double
Dim m_BU1 As Double
Dim Index_BU1 As Double
For x = Index_AsigHaag To TabGes.NumberOfCases
       If (TabGes.Value(x,waylength) < m_AsigHaag - 3200) Then
              t_BU1 = TabGes.Value(x,sessiontime)
              m_BU1 = TabGes.Value(x,waylength)
              Index_BU1 = x
              x = TabGes.NumberOfCases
       End If
Next
```

Eine der sicherheitskritischen Situationen ist der Halt vor einem Bahnübergang im Falle einer nicht-technischen Sicherung durch den Tf. Zunächst wird der Zeitpunkt ermittelt, an dem der Tf nach der Zwangsbremsung zum Stehen kommt und nach dem Zugfunkkontakt mit dem Fahrdienstleiter die Fahrt wieder aufnimmt:

```
Dim t_FahrtnachZbBU As Double
t_FahrtnachZbBU = 0
Dim m_FahrtnachZbBU As Double
m_FahrtnachZbBU = 0
Dim Index_FahrtnachZbBU As Double
Index_FahrtnachZbBU = 0
For z = Index_BUHörerAuflegen To TabBU.NumberOfCases
       If TabBU.Value(z,v) > 0.1 Then
              t_FahrtnachZbBU = TabBU.Value(z,sessiontime)
              m_FahrtnachZbBU = TabBU.Value(z,waylength)
              Index_FahrtnachZbBU = z
              z= TabBU.NumberOfCases
       End If
Next
```

Als Halt wird nun das Stehenbleiben des Zuges vor dem Bahnübergang (`m_HaltvorBU2`) interpretiert und der Abstand wird aus der Differenz zwischen Anhaltepunkt und Bahnübergang (`dm_HaltvorBU2`) errechnet:

```
Dim TabBU2 As Spreadsheet
Set TabBU2 = TabBU.Subset("1-" + Str(AnzahlVariablen),"(sessiontime > " +
Str(t_FahrtnachZbBU) + ") and (sessiontime < " + Str(t_BU2) + ")","","","")
TabBU2.Visible = False
Dim t_HaltvorBU2 As Double
```

```
t_HaltvorBU2 = 0
Dim m_HaltvorBU2 As Double
m_HaltvorBU2 = 0
Dim Index_HaltvorBU2 As Double
Index_HaltvorBU2 = 0
Dim dm_HaltvorBU2 As Double
dm_HaltvorBU2 = 0
For z = 1 To TabBU2.NumberOfCases
       If TabBU2.Value(z,v) = 0 Then
              t_HaltvorBU2 = TabBU2.Value(z,sessiontime)
              m_HaltvorBU2 = TabBU2.Value(z,waylength)
              Index_HaltvorBU2 = z
              z= TabBU2.NumberOfCases
       End If
Next
dm_HaltvorBU2 = m_HaltvorBU2 - m_BU2 'Abstand zum Bü
Dim t_FahrtBU2 As Double
t_FahrtBU2 = 0
Dim Index_FahrtBU2 As Double
Index_FahrtBU2 = 0
For z = Index_HaltvorBU2 To TabBU2.NumberOfCases
       If TabBU2.Value(z,v) > 0.1 Then
              t_FahrtBU2 = TabBU2.Value(z,sessiontime)
              Index_FahrtBU2 = z
              z= TabBU2.NumberOfCases
       End If
Next
```

Nachdem alle Ergebnisvariablen berechnet wurden, werden diese nun in den Simulatorbericht geschrieben.

13.3 Protokollbogen

13.3.1 Fahrt 1

PROTOKOLLBOGEN ÜBERWACHUNGSFAHRT 1 (2005)

Datum: _____ Uhrzeit: _____

Instruktor: _____

Simulatorbaureihe: _____

INTERDISZIPLINÄRES ZENTRUM FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFTEN AN DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZUM TF

Von welchem Geschäftsbereich kommt der Tf?

Fernverkehr ☐ Railion ☐ Nahverkehr ☐ S-Bahn ☐

Von welcher Dienststelle kommt der Tf? _____ (Stadt)

Welche Baureihen fährt der Tf üblicherweise? BR _____

Wie würden Sie die Baureihenkenntnis des Tf (bezogen auf die Simulatorbaureihe) einschätzen?

1 sehr gut	2 gut	3 befriedigend	4 ausreichend	5 mangelhaft

VORBESPRECHUNG

korrekte Antwort von Tf genannt

Fahren auf dem Gegengleis – Was ist zu tun?

- Geschwindigkeit auf Gegengleis laut Buchfahrplan (evtl. Klammervermerk) ☐ ja ☐ nein

Langsamfahrt Hp 2 im Bf Südendorf – Was ist zu tun?

- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich ☐ ja ☐ nein
- Weichenbereich von Esig Südendorf bis Asig Südendorf ☐ ja ☐ nein

Fahren auf Sicht – Was ist zu tun?

- PZB-Befehlstaste bedienen ☐ ja ☐ nein
- zulässige Geschwindigkeit höchstens 40 km/h ☐ ja ☐ nein
- 400m-Regelung ☐ ja ☐ nein

PZB-Zwangsbremsung am Lichtsperrsignal – Was ist zu tun?

- Zwangsbremsung unterstützen (Schnellbremsung, Sanden) ☐ ja ☐ nein
- Fdl verständigen ☐ ja ☐ nein
- Standort durchgeben ☐ ja ☐ nein
- Schriftlichen Befehl anfordern ☐ ja ☐ nein
- Welcher schriftliche Befehl? Befehl 2 ☐ ja ☐ nein
- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich ☐ ja ☐ nein
- Weichenbereich vom Lichtsperrsignal bis Asig Haag ☐ ja ☐ nein

PZB-Zwangsbremsung vor dem 1. Bü und Halt in Einschaltstrecke vor 2. Bü– Was ist zu tun?

- Zwangsbremsung unterstützen (Schnellbremsung, Sanden)	☐ ja	☐ nein
- Fdl verständigen	☐ ja	☐ nein
- Standort durchgeben	☐ ja	☐ nein
- Keinen schriftlichen Befehl anfordern	☐ ja	☐ nein
- beide Bü sichern (Halt vor Bü)	☐ ja	☐ nein

ÜBERNAHME DER FAHRT, FAHRT AUF GEGENGLEIS MIT ZS 6, ÜBERLEITUNG INS REGELGLEIS (BF HAGEN BIS BF WANGEN)

Hat der Tf während der <u>Fahrt auf freier Strecke (Bf Hagen – Esig des Bf Südendorf)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der <u>Langsamfahrt Hp 2 (Esig des Bf Südendorf – Asig des Bf Südendorf)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der <u>Fahrt auf freier Strecke (Asig des Bf Südendorf – Esig des Bf Wangen)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

FAHREN AUF SICHT (BF WANGEN BIS BF HAAG)

Hat der Tf während der <u>Fahrt auf Sicht (Esig des Bf Wangen – Asig des Bf Wangen)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- PZB-Befehlstaste am Esig bedient [8]	☐	☐	☐	①	②	
- Geschwindigkeit Fahren auf Sicht eingehalten (incl. 400m-Regelung) [9]	☐	☐	☐			③

Hat der Tf während der <u>Fahrt auf freier Strecke (Asig des Bf Wangen – Bf Haag)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Bitte umdrehen!

PZB-ZWANGSBREMSUNG AM LICHTSPERRSIGNAL (BF HAAG – NACH BF HAAG)

Hat der Tf während der PZB-Zwangsbremsung am Lichtsperrsignal (Bf Haag) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- Zwangsbremsung unterstützt [11]	☐	☐	☐			③
- Sanden [12]	☐	☐	☐	①	②	
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		
- Standort an Fdl durchgegeben [4]	☐	☐	☐	①		
- schriftlichen Befehl angefordert [13]	☐	☐	☐			③

Hat der Tf während der schriftlichen Befehlsübermittlung das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Kommunikationsschema eingehalten [5]	☐	☐	☐		②	
- deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [6]	☐	☐	☐	①	②	
- erste Befehlswiederholung korrekt [7]	☐	☐	☐	①		

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (Bf Haag – km 321.0) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

PZB-ZWANGSBREMSUNG AM BÜ (NACH BF HAAG – BF ALLACHING)

Hat der Tf während der PZB-Zwangsbremsung am Bü (km 321.0) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- Zwangsbremsung unterstützt [11]	☐	☐	☐			③
- Sanden [12]	☐	☐	☐	①	②	
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		
- Standort an Fdl durchgegeben [4]	☐	☐	☐	①		
- keinen schriftlichen Befehl angefordert [14]	☐	☐	☐	①		

Hat der Tf während der Bü-Sicherung (km 320.5 – km 320.3) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Halt vor Bü in km 320.5 korrekt [15]	☐	☐	☐		②	③
- Halt vor Bü in km 320.3 korrekt [15]	☐	☐	☐		②	③

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (km 320.3 – Bf Allaching) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

GESAMTFAHRT

Hat der Tf die Zugsicherung (PZB) korrekt bedient sowie die schriftlichen Befehle korrekt ausgefüllt und behandelt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke* *gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- korrekte Bedienung der Zugsicherung [16]	☐	☐	☐	①	②	③
- schriftliche Befehle richtig ausgefüllt [17]	☐	☐	☐		②	
- schriftliche Befehle richtig behandelt [18]	☐	☐	☐	①	②	

Wie gut hat der Tf insgesamt seine Aufgaben in der Fahrt erfüllt?

sicherheits-relevanten Mangel verursacht				alle Aufgaben gemäß der KoRil erfüllt	über die Vorschriften der KoRil hinaus
sehr schlecht	schlecht	mittel	gut	sehr gut	herausragend

Wie stark wurde der Tf insgesamt von der Fahrt in Anspruch genommen?

Tf könnte auch weitere Aufgaben erfüllen				Tf bewegt sich am Rande seiner Leistungsfähigkeit	
sehr wenig beansprucht	wenig beansprucht	mittel beansprucht	stark beansprucht	sehr stark beansprucht	über-beansprucht

Bitte nehmen Sie nun eine abschließende Beurteilung der Leistung des Tf in Vorbesprechung und Überwachungsfahrt vor und vergeben Sie eine Schulnote!

1	2	3	4	5	6
sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend

Kommentare - Was ist sonst noch aufgefallen?

_____

_____

_____

13.3.2 Fahrt 3

PROTOKOLLBOGEN ÜBERWACHUNGSFAHRT 3 (2005)

INTERDISZIPLINÄRES ZENTRUM FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFTEN AN DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG

Datum: _____ Uhrzeit: _____

Instruktor: _____

Simulatorbaureihe: _____

ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZUM TF

Von welchem Geschäftsbereich kommt der Tf?

Fernverkehr ☐ Railion ☐ Nahverkehr ☐ S-Bahn ☐

Von welcher Dienststelle kommt der Tf? _____ (Stadt)

Welche Baureihen fährt der Tf üblicherweise? BR _____

Wie würden Sie die Baureihenkenntnis des Tf (bezogen auf die Simulatorbaureihe) einschätzen?

1 sehr gut	2 gut	3 befriedigend	4 ausreichend	5 mangelhaft

VORBESPRECHUNG

korrekte Antwort von Tf genannt

Langsamfahrt Hp 2 und Asig Zs 1 im Bf – Was ist zu tun?

- PZB-Befehlstaste bedienen	☐ ja	☐ nein
- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich von Zsig Neusteedt bis letzte Weiche im Bf Neusteedt	☐ ja	☐ nein
- 2000m-Regelung	☐ ja	☐ nein

Vorbeifahrt am haltzeigenden Hauptsignal – Was ist zu tun?

- Halt vor Esig	☐ ja	☐ nein
- Fdl verständigen	☐ ja	☐ nein
- Standort durchgeben	☐ ja	☐ nein
- Schriftlichen Befehl anfordern	☐ ja	☐ nein
- Welcher schriftliche Befehl? Befehl 2 und 4	☐ ja	☐ nein
- PZB-Befehlstaste bedienen	☐ ja	☐ nein
- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich von Esig Hagen bis letzte Weiche im Bf Hagen	☐ ja	☐ nein

Fahren auf dem Gegengleis – Was ist zu tun?

- Geschwindigkeit auf Gegengleis laut Buchfahrplan (evtl. Klammervermerk)	☐ ja	☐ nein

PZB-Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung – Was ist zu tun?

- Zwangsbremsung unterstützen (Schnellbremsung, Sanden)	☐ ja	☐ nein
- Fdl verständigen	☐ ja	☐ nein

- Standort durchgeben	☐ ja	☐ nein
- Schriftlichen Befehl anfordern	☐ ja	☐ nein
- Welcher schriftliche Befehl? Befehl 2 und 4	☐ ja	☐ nein
- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich vom Asig Südendorf bis letzte Weiche im Bf Südendorf	☐ ja	☐ nein

Langsamfahrt Hp 2 im Bf Haag – Was ist zu tun?

- 50 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich von Esig Haag bis Asig Haag	☐ ja	☐ nein

Notruf absetzen – Was ist zu tun?

- Schnellbremsung ausführen, Sanden	☐ ja	☐ nein
- Notruf absetzen	☐ ja	☐ nein
- korrekten Wortlaut einhalten (Kommunikationsschema)	☐ ja	☐ nein

ÜBERNAHME DER FAHRT (BF NEUSTEEDT BIS BF HAGEN)

Hat der Tf während der Langsamfahrt Hp 2 und Asig Zs 1 (Bf Neusteedt) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- PZB-Befehlstaste am Asig bedient [8]	☐	☐	☐	①	②	
- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (nach Bf Neusteedt – Esig Bf Hagen) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

VORBEIFAHRT AM HALTZEIGENDEN HAUPTSIGNAL, ÜBERLEITEN IN GEGENGLEIS (BF HAGEN BIS BF SÜDENDORF)

Hat der Tf am haltzeigenden Hauptsignal (Esig des Bf Hagen) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- Halt an Esig korrekt ausgeführt [2]	☐	☐	☐	①		③
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		
- Standort an Fdl durchgegeben [4]	☐	☐	☐	①		
- schriftlichen Befehl angefordert [13]	☐	☐	☐			③

Hat der Tf während der schriftlichen Befehlsübermittlung das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Kommunikationsschema eingehalten [5]	☐	☐	☐		②	
- deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [6]	☐	☐	☐	①	②	
- erste Befehlswiederholung korrekt [7]	☐	☐	☐	①		

Bitte umdrehen!

Hat der Tf während der Vorbeifahrt am haltzeigenden Hauptsignal (Esig des Bf Hagen – nach Bf Hagen) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- PZB-Befehlstaste am Esig bedient [8]	☐	☐	☐	①	②	
- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- PZB-Befehlstaste am Asig bedient [8]	☐	☐	☐	①	②	

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (nach Bf Hagen – Asig Bf Südendorf) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

PZB-ZWANGSBREMSUNG BEI RESTRIKTIVER ÜBERWACHUNG (BF SÜDENDORF BIS BF HAAG)

Hat der Tf während der PZB-Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung (Asig des Bf Südendorf) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- Zwangsbremsung unterstützt [11]	☐	☐	☐			③
- Sanden [12]	☐	☐	☐	①	②	
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		
- Standort an Fdl durchgegeben [4]	☐	☐	☐	①		
- schriftlichen Befehl angefordert [13]	☐	☐	☐			③

Hat der Tf während der schriftlichen Befehlsübermittlung das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Kommunikationsschema eingehalten [5]	☐	☐	☐		②	
- deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [6]	☐	☐	☐	①	②	
- erste Befehlswiederholung korrekt [7]	☐	☐	☐	①		

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (Asig des Bf Südendorf – Esig des Bf Haag) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

ÜBERLEITUNG INS REGELGLEIS (BF HAAG BIS HINTER BF HAAG)

Hat der Tf während der Langsamfahrt Hp 2 (Esig des Bf Haag – Asig des Bf Haag) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (Asig des Bf Haag – hinter Bf Haag) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

NOTRUF ABSETZEN (VOR BF ALLACHING)

Hat der Tf während des Absetzens des Notrufs das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- Schnellbremsung [11]	☐	☐	☐			③
- Sanden [12]	☐	☐	☐	①	②	
- Notruf abgesetzt [13]	☐	☐	☐			③
- Kommunikationsschema eingehalten [5]	☐	☐	☐		②	
- deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [6]	☐	☐	☐	①	②	

GESAMTFAHRT

Hat der Tf die Zugsicherung (PZB) korrekt bedient sowie die schriftlichen Befehle korrekt ausgefüllt und behandelt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- korrekte Bedienung der Zugsicherung [16]	☐	☐	☐	①	②	③
- schriftliche Befehle richtig ausgefüllt [17]	☐	☐	☐		②	
- schriftliche Befehle richtig behandelt [18]	☐	☐	☐	①	②	

Wie gut hat der Tf insgesamt seine Aufgaben in der Fahrt erfüllt?

sicherheits-relevanten Mangel verursacht				alle Aufgaben gemäß der KoRil erfüllt	über die Vorschriften der KoRil hinaus
sehr schlecht	schlecht	mittel	gut	sehr gut	herausragend

Wie stark wurde der Tf insgesamt von der Fahrt in Anspruch genommen?

Tf könnte auch weitere Aufgaben erfüllen				Tf bewegt sich am Rande seiner Leistungsfähigkeit	
sehr wenig beansprucht	wenig beansprucht	mittel beansprucht	stark beansprucht	sehr stark beansprucht	über-beansprucht

Bitte nehmen Sie nun eine abschließende Beurteilung der Leistung des Tf in Vorbesprechung und Überwachungsfahrt vor und vergeben Sie eine Schulnote!

1	2	3	4	5	6
sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend

Kommentare - Was ist sonst noch aufgefallen?

_____

_____

13.3.3 Fahrt 5

PROTOKOLLBOGEN ÜBERWACHUNGSFAHRT 5 (2005)

Datum: _____ Uhrzeit: _____

Instruktor: _____

Simulatorbaureihe: _____

INTERDISZIPLINÄRES ZENTRUM FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFTEN AN DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZUM TF

Von welchem Geschäftsbereich kommt der Tf?

Fernverkehr ☐ Railion ☐ Nahverkehr ☐ S-Bahn ☐

Von welcher Dienststelle kommt der Tf? _____ (Stadt)

Welche Baureihen fährt der Tf üblicherweise? BR _____

Wie würden Sie die Baureihenkenntnis des Tf (bezogen auf die Simulatorbaureihe) einschätzen?

1 sehr gut	2 gut	3 befriedigend	4 ausreichend	5 mangelhaft

VORBESPRECHUNG

korrekte Antwort von Tf genannt

Langsamfahrt Hp 2 im Bf Mü-Pasing – Was ist zu tun?

- 60 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich von Zsig Mü-Pasing bis Asig Mü-Pasing	☐ ja	☐ nein

LZB-Übertragungsausfall mit V-Ziel 040 – Was ist zu tun?

- 2 x Freitaste bedienen	☐ ja	☐ nein
- nach 1. Quittung Signale am Fahrweg beachten	☐ ja	☐ nein
- Fdl verständigen	☐ ja	☐ nein
- Fahrplangeschwindigkeit fahren	☐ ja	☐ nein

PZB-Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung – Was ist zu tun?

- Zwangsbremsung unterstützen (Schnellbremsung, Sanden)	☐ ja	☐ nein
- Fdl verständigen	☐ ja	☐ nein
- Standort durchgeben	☐ ja	☐ nein
- Schriftlichen Befehl anfordern	☐ ja	☐ nein
- Welcher schriftliche Befehl? Befehl 2	☐ ja	☐ nein
- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich vom Esig Olching bis Asig Olching	☐ ja	☐ nein

Fahren auf dem Gegengleis mit Zs 8 – Was ist zu tun?

- PZB-Befehlstaste bedienen	☐ ja	☐ nein
- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich von Asig Maisach bis höchstens 2000m hinter Asig Maisach	☐ ja	☐ nein

- Geschwindigkeit auf Gegengleis laut Buchfahrplan (evtl. Klammervermerk)	☐ ja	☐ nein

Fahren auf Sicht – Was ist zu tun?

- zulässige Geschwindigkeit höchstens 40 km/h bzw. 15 km/h (Geschwindigkeit nach Weisung BW-P-01-2002 "Fahren auf Sicht beachten")	☐ ja	☐ nein
- 400m-Regelung	☐ ja	☐ nein

ÜBERNAHME DER FAHRT, LZB-ÜBERTRAGUNGSAUSFALL MIT V-ZIEL 040 (BF MÜ-PASING BIS BF LOCHHAUSEN)

Hat der Tf während der Langsamfahrt Hp 2 (Zsig des Bf Mü-Pasing – Asig des Bf Mü-Pasing) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (Asig des Bf Mü-Pasing – Bf Lochhausen) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während des LZB-Übertragungsausfalls mit V-Ziel 040 (Bf Lochhausen) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Freitaste bedient (1. Quittung) [16]	☐	☐	☐	①		
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- Freitaste bedient (2. Quittung) [16]	☐	☐	☐	①		
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		

PZB-ZWANGSBREMSUNG BEI RESTRIKTIVER ÜBERWACHUNG (BF LOCHHAUSEN BIS ASIG DES BF MAISACH)

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (nach Bf Lochhausen – Esig des Bf Olching) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der PZB-Zwangsbremsung bei restriktiver Überwachung (Esig des Bf Olching) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Zwangsbremsung unterstützt [11]	☐	☐	☐			③
- Sanden [12]	☐	☐	☐	①	②	
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		
- Standort an Fdl durchgegeben [4]	☐	☐	☐	①		
- schriftlichen Befehl angefordert [13]	☐	☐	☐			③

Bitte umdrehen!

Hat der Tf während der schriftlichen Befehlsübermittlung das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- Kommunikationsschema eingehalten [5]	☐	☐	☐		②	
- deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [6]	☐	☐	☐	①	②	
- erste Befehlswiederholung korrekt [7]	☐	☐	☐	①		

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (Esig des Bf Olching – Asig des Bf Maisach) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

ÜBERLEITUNG INS GEGENGLEIS, ÜBERLEITUNG INS REGELGLEIS (BF MAISACH – VOR SBK 57)

Hat der Tf während der Vorbeifahrt am haltzeigenden Hauptsignal (Asig des Bf Maisach – 2000m nach Asig des Bf Maisach) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- PZB-Befehlstaste am Asig bedient [8]	☐	☐	☐	①	②	
- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- 2000m-Regel beachtet [17]	☐	☐	☐	①		

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (nach Asig des Bf Maisach – Asig des Bf Nannhofen) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③

FAHREN AUF SICHT (SBK 57 – BF HASPELMOOR)

Hat der Tf am haltzeigenden Hauptsignal (Sbk 57) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	nein	nicht bewertet	Fehlerstärke gering	mittel	sichh.rel.
- Halt an Signal korrekt ausgeführt [2]	☐	☐	☐	①		③
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		
- Standort an Fdl durchgegeben [4]	☐	☐	☐	①		
- schriftlichen Befehl angefordert [13]	☐	☐	☐			③

Hat der Tf während der schriftlichen Befehlsübermittlung das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Kommunikationsschema eingehalten [5]	☐	☐	☐		②	
- deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [6]	☐	☐	☐	①	②	
- erste Befehlswiederholung korrekt [7]	☐	☐	☐	①		

Hat der Tf während der Fahrt auf Sicht (Sbk 57 – Sbk 59) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit Fahren auf Sicht eingehalten (incl. 400m-Regelung und Weisung BW-P-01-2002) [9]	☐	☐	☐			③

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (nach Sbk 59 – Bf Haspelmoor) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

GESAMTFAHRT

Hat der Tf die Zugsicherung (PZB) korrekt bedient sowie die schriftlichen Befehle korrekt ausgefüllt und behandelt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- korrekte Bedienung der Zugsicherung [19]	☐	☐	☐	①	②	③
- schriftliche Befehle richtig ausgefüllt [20]	☐	☐	☐		②	
- schriftliche Befehle richtig behandelt [21]	☐	☐	☐	①	②	

Wie gut hat der Tf insgesamt seine Aufgaben in der Fahrt erfüllt?

sicherheits-relevanten Mangel verursacht				alle Aufgaben gemäß der KoRil erfüllt	über die Vorschriften der KoRil hinaus
sehr schlecht	schlecht	mittel	gut	sehr gut	herausragend

Wie stark wurde der Tf insgesamt von der Fahrt in Anspruch genommen?

Tf könnte auch weitere Aufgaben erfüllen				Tf bewegt sich am Rande seiner Leistungsfähigkeit	
sehr wenig beansprucht	wenig beansprucht	mittel beansprucht	stark beansprucht	sehr stark beansprucht	über-beansprucht

Bitte nehmen Sie nun eine abschließende Beurteilung der Leistung des Tf in Vorbesprechung und Überwachungsfahrt vor und vergeben Sie eine Schulnote!

1	2	3	4	5	6
sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend

Kommentare - Was ist sonst noch aufgefallen?

_____

_____

_____

13.3.4 Fahrt 6

PROTOKOLLBOGEN ÜBERWACHUNGSFAHRT 6 (2005)

INTERDISZIPLINÄRES ZENTRUM FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFTEN AN DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG

Datum: _____ Uhrzeit: _____

Instruktor: _____

Simulatorbaureihe: _____

ALLGEMEINE INFORMATIONEN ZUM TF

Von welchem Geschäftsbereich kommt der Tf?

Fernverkehr ☐ Railion ☐ Nahverkehr ☐ S-Bahn ☐

Von welcher Dienststelle kommt der Tf? _____ (Stadt)

Welche Baureihen fährt der Tf üblicherweise? BR _____

Wie würden Sie die Baureihenkenntnis des Tf (bezogen auf die Simulatorbaureihe) einschätzen?

1 sehr gut	2 gut	3 befriedigend	4 ausreichend	5 mangelhaft

VORBESPRECHUNG

korrekte Antwort von Tf genannt

PZB-Zwangsbremsung am Lichtsperrsignal – Was ist zu tun?

- Zwangsbremsung unterstützen (Schnellbremsung, Sanden)	☐ ja	☐ nein
- Fdl verständigen	☐ ja	☐ nein
- Standort durchgeben	☐ ja	☐ nein
- Schriftlichen Befehl anfordern	☐ ja	☐ nein
- Welcher schriftliche Befehl? Befehl 2	☐ ja	☐ nein
- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich vom Ls 562 II bis Asig Kassel-Wilhelmshöhe	☐ ja	☐ nein

Fahren auf Sicht mit LZB-Vorsichtauftrag– Was ist zu tun?

- Freitaste bedienen	☐ ja	☐ nein
- zulässige Geschwindigkeit höchstens 40 km/h bzw. 15 km/h (Geschwindigkeit nach Weisung BW-P-01-2002 "Fahren auf Sicht beachten")	☐ ja	☐ nein
- 400m-Regelung	☐ ja	☐ nein

LZB-Übertragungsausfall mit V-Ziel 040 – Was ist zu tun?

- 2 x Freitaste bedienen	☐ ja	☐ nein
- nach 1. Quittung Signale am Fahrweg beachten	☐ ja	☐ nein
- Zug mit Betriebsbremsung angehalten (Weisung BW-P-06-2002 "Ü-Ausfall 040 auf Schnellfahrstrecken")	☐ ja	☐ nein
- Fdl verständigen	☐ ja	☐ nein
- Standort durchgeben	☐ ja	☐ nein
- Schriftlichen Befehl anfordern	☐ ja	☐ nein
- Welcher schriftliche Befehl? Befehl 10 (2000m mit höchstens 40 km/h)	☐ ja	☐ nein

Vorbeifahrt am halteigenden Hauptsignal mit Zs 1 – Was ist zu tun?

- PZB-Befehlstaste bedienen	☐ ja	☐ nein
- 40 km/h im anschließenden Weichenbereich	☐ ja	☐ nein
- Weichenbereich von Bksig 103 bis letzte Weiche der Üst-Kaiserau	☐ ja	☐ nein

ÜBERNAHME DER FAHRT, PZB-ZWANGSBREMSUNG AM LICHTSPERRSIGNAL (BF KASSEL-WILHELMSHÖHE – BF KÖRLE-OST)

Hat der Tf während der <u>Fahrt auf freier Strecke mit Zs 3 (Asig des Bf Kassel-Wilhelmshöhe – Ls 562 II des Bf Kassel-Wilhelmshöhe)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der <u>PZB-Zwangsbremsung am Lichtsperrsignal (Ls 562 II des Bf Kassel-Wilhelmshöhe)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Zwangsbremsung unterstützt [11]	☐	☐	☐			③
- Sanden [12]	☐	☐	☐	①	②	
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		
- Standort an Fdl durchgegeben [4]	☐	☐	☐	①		
- schriftlichen Befehl angefordert [13]	☐	☐	☐			③

Hat der Tf während der <u>schriftlichen Befehlsübermittlung</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Kommunikationsschema eingehalten [5]	☐	☐	☐		②	
- deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [6]	☐	☐	☐	①	②	
- erste Befehlswiederholung korrekt [7]	☐	☐	☐	①		

Hat der Tf während der <u>Fahrt auf freier Strecke (Ls 562 II des Bf Kassel-Wilhelmshöhe – Esig des Bf Körle-Ost)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

FAHREN AUF SICHT UND LZB-ÜBERTRAGUNGSAUSFALL MIT V-ZIEL 040 (BF KÖRLE-OST – BF HASPELMOOR)

Hat der Tf <u>beim Fahren auf Sicht am haltzeigenden Hauptsignal (Esig des Bf Körle-Ost)</u> das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- Freitaste bedient [16]	☐	☐	☐	①		
- Geschwindigkeit Fahren auf Sicht eingehalten (Weisung BW-P-01-2002) [9]	☐	☐	☐	①	②	③

Bitte umdrehen!

Hat der Tf während des LZB-Übertragungsausfalls mit V-Ziel 040 (Bf Körle-Ost) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Freitaste bedient (1. Quittung) [16]	☐	☐	☐	①		
- Freitaste bedient (2. Quittung) [16]	☐	☐	☐	①		
- Zug mit Betriebsbremsung angehalten (Weisung BW-P-06-2002) [18]	☐	☐	☐	①		③
- Sprechwunsch angemeldet [3]	☐	☐	☐	①		
- Standort an Fdl durchgegeben [4]	☐	☐	☐	①		
- schriftlichen Befehl angefordert [13]	☐	☐	☐			③

Hat der Tf während der schriftlichen Befehlsübermittlung das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Kommunikationsschema eingehalten [5]	☐	☐	☐		②	
- deutlich gesprochen und Sprechdisziplin [6]	☐	☐	☐	①	②	
- erste Befehlswiederholung korrekt [7]	☐	☐	☐	①		

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (Bf Körle-Ost – Bksig 103) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten (2000m) [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

ÜBERLEITUNG INS GEGENGLEIS (ÜST KAISERAU – BF LICHERODE)

Hat der Tf während der Vorbeifahrt am haltzeigenden Hauptsignal mit Zs 1 (Bksig 103) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke* *gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- PZB-Befehlstaste am Signal bedient [8]	☐	☐	☐	①	②	
- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (nach Üst Kaiserau – Üst Wildsberg) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

Hat der Tf während der Fahrt auf freier Strecke (nach Üst Wildsberg – Bf Licherode) das korrekte Soll-Verhalten gezeigt?

- Geschwindigkeit im anschließenden Weichenbereich eingehalten [1]	☐	☐	☐	①	②	③
- Fahrplangeschwindigkeit gefahren [1]	☐	☐	☐	①	②	③

GESAMTFAHRT

Hat der Tf die Zugsicherung (PZB) korrekt bedient sowie die schriftlichen Befehle korrekt ausgefüllt und behandelt?

	ja	*nein*	*nicht bewertet*	*Fehlerstärke* *gering*	*mittel*	*sichh.rel.*
- korrekte Bedienung der Zugsicherung [19]	☐	☐	☐	①	②	③
- schriftliche Befehle richtig ausgefüllt [20]	☐	☐	☐		②	
- schriftliche Befehle richtig behandelt [21]	☐	☐	☐	①	②	

Wie gut hat der Tf insgesamt seine Aufgaben in der Fahrt erfüllt?

sicherheits-relevanten Mangel verursacht				alle Aufgaben gemäß der KoRil erfüllt	über die Vorschriften der KoRil hinaus
sehr schlecht	schlecht	mittel	gut	sehr gut	herausragend

Wie stark wurde der Tf insgesamt von der Fahrt in Anspruch genommen?

Tf könnte auch weitere Aufgaben erfüllen				Tf bewegt sich am Rande seiner Leistungsfähigkeit	
sehr wenig beansprucht	wenig beansprucht	mittel beansprucht	stark beansprucht	sehr stark beansprucht	über-beansprucht

Bitte nehmen Sie nun eine abschließende Beurteilung der Leistung des Tf in Vorbesprechung und Überwachungsfahrt vor und vergeben Sie eine Schulnote!

1	2	3	4	5	6
sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend

Kommentare - Was ist sonst noch aufgefallen?

_____

_____

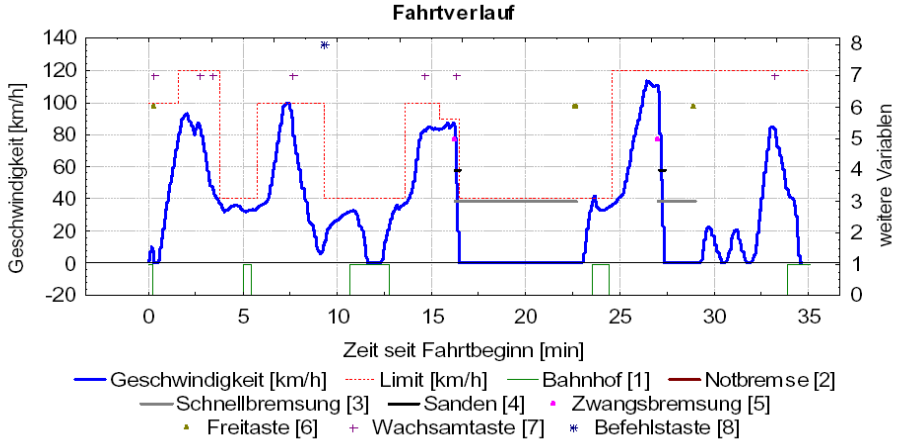
_____

13.4 Simulatorbericht

13.4.1 Fahrt 1

Auswertung der Fahrt 1 - 2005

Fahrt: Ueberwachungsfahrt 01_05 (DS) UB_P
Datum: 26.10.2005 - Uhrzeit: 08:22:59 Uhr
Baureihe: 402 - max. Geschw. des Zuges: 120 km/h
Zugkonfiguration: Vollzug - Zuglänge: 200 m
Bremsart: 9 - Bremshundertstel: 130
Fahrtlänge: 35 min



	Geschwindigkeitsverhalten			
	1 Situation	2 Vmax	3 dtÜber	4 Vmean
1	Bf Hagen - km 336.7 (100km/h)	77.2 km/h	0 s	43.7 km/h
2	km 336.7 - Esig Südendorf (120km/h)	92.7 km/h	0 s	73.6 km/h
3	Esig Südendorf - Asig Südendorf (40km/h)	37.7 km/h	0 s	34 km/h
4	Asig Südendorf - Esig Wangen (100km/h)	100.1 km/h	0 s	55.7 km/h
5	Esig Wangen - Asig Wangen (40km/h)	36.6 km/h	0 s	27.5 km/h
6	Asig Wangen - km 326.4 (100km/h)	85.4 km/h	0 s	68.3 km/h
7	km 326.4 - Sh Haag (90km/h)	87.1 km/h	0 s	84.9 km/h
8	Sh Haag - Asig Haag (40km/h)	41.8 km/h	3.1 s	32.5 km/h
9	Asig Haag - 1. Bü (120km/h)	112.9 km/h	0 s	77.2 km/h
10	2. Bü - Bf Allaching (120km/h)	84.6 km/h	0 s	46.7 km/h

	Bremsverhalten			
	1 Situation	2 Handlung	3 dtRkt	4 Pr
1	Zb Sh158	SB: ja	.8 s	10 %
2		Sanden: ja	2.1 s	30 %
3	Zb am Bü	SB: ja	.9 s	10 %
4		Sanden: ja	1.7 s	20 %
5	Sichern 2.Bü	Halt: ja	28.8 m	
6	Sichern 3.Bü	Halt: ja	27.8 m	

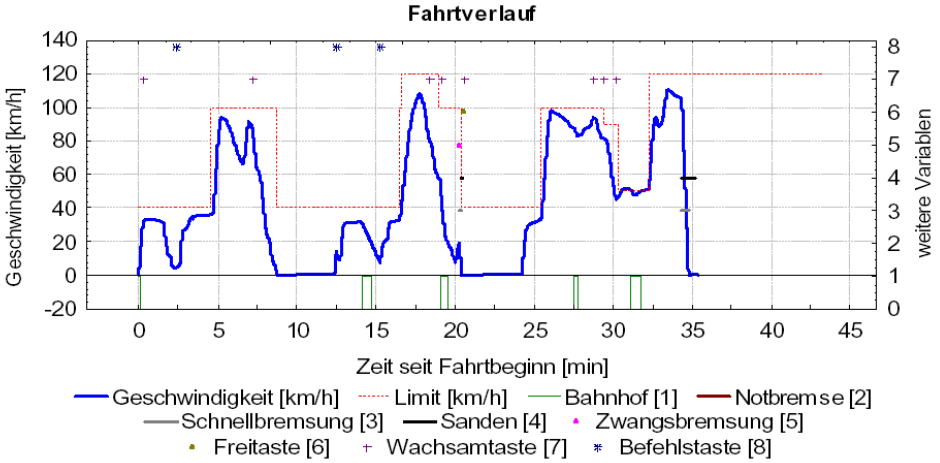
	Kommunikation		
	1 Situation	2 dtKomm	3 dtVerb
1	Zb Sh158	.9 min	16.2 s
2	Zb am Bü	1.5 min	4.7 s

Fehlerübersicht
- Geschwindigkeitsfehler
  Fehlerschwere 1 (zu langsam): 3 Mal
  Fehlerschwere 2 (zu schnell): 1 Mal

13.4.2 Fahrt 3

Auswertung der Fahrt 3 - 2005

Fahrt: xUB_P_03_05(DS)
Datum: 15.09.2005 - Uhrzeit: 11:18:08 Uhr
Baureihe: 143 - max. Geschw. des Zuges: 120 km/h
Zugkonfiguration: - - Zuglänge: 400 m
Bremsart: 9 - Bremshundertstel: 130
Fahrtlänge: ca. 43 min



	Geschwindigkeitsverhalten			
	1 Situation	2 Vmax	3 dtÜber	4 Vmean
1	Bf Neusteedt - WB Bf Neusteedt (40km/h)	35.3 km/h	0 s	30.9 km/h
2	WB Bf Neusteedt - Esig Hagen (100km/h)	94.7 km/h	0 s	70.5 km/h
3	Esig Hagen - WB Bf Hagen (40km/h)	32.9 km/h	0 s	25.6 km/h
4	km 336.7 - km 333.4 (120km/h)	108.3 km/h	0 s	84.8 km/h
5	Asig Südendorf - WB Bf Südendorf (40km/h)	33.7 km/h	0 s	29.5 km/h
6	WB Bf Südendorf - km 326.4 (100km/h)	98.7 km/h	0 s	87.1 km/h
7	Esig Haag - Asig Haag (50km/h)	54.1 km/h	34 s	50.4 km/h
8	Asig Haag - Notruf (120km/h)	111.7 km/h	0 s	97.8 km/h

	Bremsverhalten			
	1 Situation	2 Handlung	3 dtRkt	4 Pr
1	Zb Hp1	SB: ja	2.1 s	60 %
2		Sanden: ja	2.8 s	70 %
3	Notruf	SB: ja	169.1 m	10 %
4		Sanden: ja	114.9 m	40 %

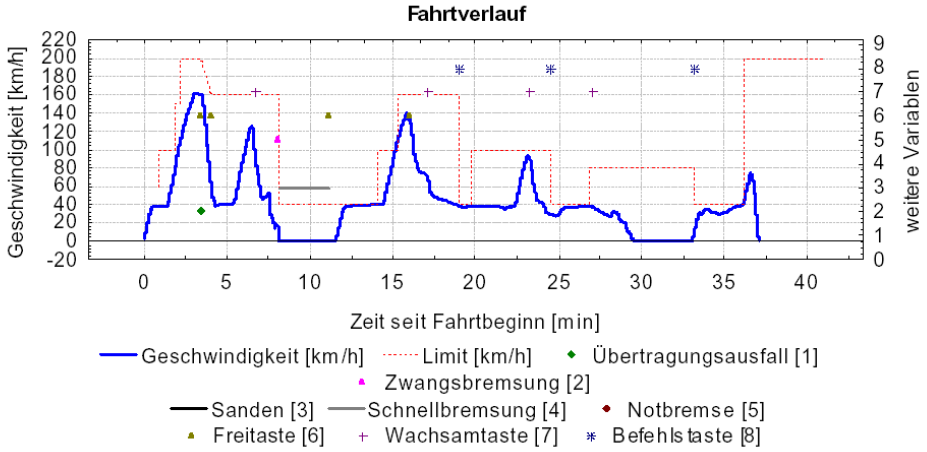
	Kommunikation		
	1 Situation	2 dtKomm	3 dtVerb
1	Esig Hagen	3 min	8.9 s
2	Zb Hp1	3.1 min	12 s
3	Notruf	.6 min	-98.9 m

Fehlerübersicht
- Geschwindigkeitsfehler
  Fehlerschwere 3 (zu schnell): 1 Mal

13.4.3 Fahrt 5

Auswertung der Fahrt 5 - 2005

Fahrt: Ueberwachungsfahrt 05_05 (LZB) UB_P
Datum der Fahrt: 14.07.2005
Uhrzeit der Fahrt: 14:25:08 Uhr
Baureihe: 402 - max. Geschw. des Zuges: 200 km/h
Zugkonfiguration: Vollzug - Zuglänge: 210 m
Bremsart: 9 - Bremshundertstel: 200
Fahrtlänge: 41 min



	Geschwindigkeitsverhalten		
	1 Situation	2 Vmax	3 dtÜber
1	Fahrtbeginn - Zs10 (60km/h)	39 km/h	0 s
2	Zs10 - AsigPasing (100km/h)	75.9 km/h	0 s
3	Asig Pasing - LZB-Übertragung (150km/h)	104.6 km/h	0 s
4	LZB-Übertragung - Asig Lochhausen (200km/h)	162.2 km/h	0 s
5	Asig Lochhausen - Esig Olching (160km/h)	124.6 km/h	0 s
6	Esig Olching bis PZB-Zwangsbremsung (40km/h)	39 km/h	0 s
7	Asig Olching - LZB-Übertragung (100km/h)	111.3 km/h	0 s
8	LZB-Übertragung - Asig Maisach (160km/h)	139.9 km/h	0 s
9	Gegengleis Asig Maisach + 2000m (40km/h)	38.8 km/h	0 s
10	Gegengleis bis Sh1 Nannhofen (100km/h)	93.8 km/h	0 s
11	Sh1 Nannhofen - Überleitung in das Regelgleis (40km/h	36.7 km/h	0 s
12	AsigNannhofen - Sbk 57 (80km/h)	37.6 km/h	0 s
13	Sbk 57 - Sbk 59 + 400m (40km/h)	42.7 km/h	1.2 s
14	Sbk 59 + 400m - Ende der Fahrt (140km/h)	73.8 km/h	0 s

	Bremsverhalten			
	1 Situation	2 Handlung	3 dtRkt	4 Pr
1	PZB-Zb	SB: ja	12.3 s	100 %
2		Sanden: nein		

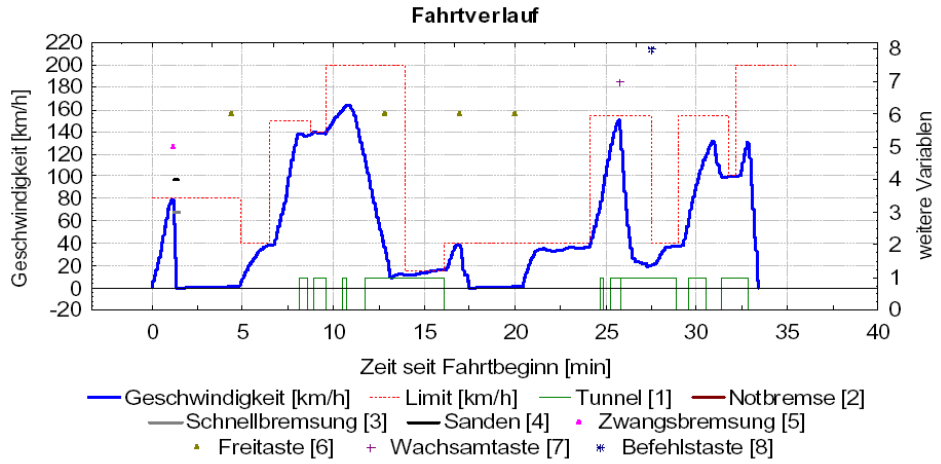
	Kommunikation		
	1 Situation	2 dtKomm	3 dtVerb
1	PZB-Zb	2.7 min	16.7 s
2	Halt vor Sbk57	3.2 min	.6 s

Fehlerübersicht
- Geschwindigkeitsfehler
  Fehlerschwere 3 (zu schnell): 1 Mal
- Bremsfehler
  Fehlerschwere 2 (nicht gesandet): 1 Mal
  Fehlerschwere 3 (keine Schnellbremsung): 1 Mal

13.4.4 Fahrt 6

Auswertung der Fahrt 6 - 2005

Fahrt: Ueberwachungsfahrt 06_05 (LZB) UB_P
Datum: 06.10.2005 - Uhrzeit: 11:43:17 Uhr
Baureihe: 402 - max. Geschw. des Zuges: 200 km/h
Zugkonfiguration: Vollzug - Zuglänge: 210 m
Bremsart: 9 - Bremshundertstel: 200
Fahrtlänge: 36 min



	Geschwindigkeitsverhalten			
	1 Situation	2 Vmax	3 dtÜber	4 Vmean
1	Fahrtbeginn - Bf Kassel-W. (80km/h)	79.4 km/h	0 s	47.5 km/h
2	Bf Kassel-W. - Asig Kassel-W. (40km/h)	37.6 km/h	0 s	27.3 km/h
3	Asig Kassel-W. - km 149.7 (150km/h)	139.3 km/h	0 s	94.4 km/h
4	km 149.7 - LZB-Übertragung (140km/h)	140.3 km/h	0 s	139.7 km/h
5	Fahren auf Sicht im Tunnel (15km/h)	16 km/h	0 s	13.5 km/h
6	nach LZB-Ausfall im Bf Körle-Ost (40km/h)	39.2 km/h	0 s	31.9 km/h
7	Körle-Ost - km 166.3 (155km/h)	150.6 km/h	0 s	67.5 km/h
8	km 166.3 - WB Üst-Kaiserau (40km/h)	37 km/h	0 s	31.2 km/h
9	Üst-Kaiserau - km 171.5 (155km/h)	131.7 km/h	0 s	89 km/h
10	km 171.4 - WB Üst-Wildsberg (100km/h)	99 km/h	0 s	99 km/h

	Bremsverhalten			
	1 Situation	2 Handlung	3 dtRkt	4 Pr
1	PZB-Zb	SB: ja	1.5 s	40 %
2		Sanden: ja	2.1 s	30 %
3	LZB-ÜAus	VB/SB: nein		

	Kommunikation		
	1 Situation	2 dtKomm	3 dtVerb
1	PZB-Zb	2.7 min	10.2 s
2	LZB-ÜAus	2.3 min	8.5 s

Fehlerübersicht
- Geschwindigkeitsfehler
  Fehlerschwere 1 (zu langsam): 1 Mal

13.5 Begriffserklärungen

13.5.1 Bahnbetriebliche Begriffe

Die alphabetische Auflistung mit kurzer Erläuterung der für diese Arbeit relevanten Begriffe bedient sich hauptsächlich folgender Quellen: Richtlinie 408 – *Züge fahren und Rangieren* (Deutsche Bahn AG, 2009), Richtlinie 492.0001 – *Triebfahrzeuge führen – Grundsätze* (Deutsche Bahn AG, 2004) und Richtlinie 492.0755 – *Triebfahrzeuge führen – Streckenkenntnisrichtlinie* (Deutsche Bahn AG, 2005):

Bremsprobe: Bei einer Bremsprobe überprüft der Tf die einwandfreie Funktion der Bremsen.

EBuLa: Elektronischer Buchfahrplan und Verzeichnis für Langsamfahrstellen. Dieser elektronische Buchfahrplan ersetzt den bisherigen papierbasierten Buchfahrplan. Hier ist die Strecke mit Bahnhöfen, Ankunft- und Abfahrtszeiten, Signalen, Geschwindigkeitsbeschränkungen und sonstigen Besonderheiten abgebildet.

Fahrdienstleiter: Die Fahrdienstleiter sind für die Zugfahrten der ihnen zugeordneten Betriebsstellen verantwortlich. Keine Zugfahrt darf ohne die Zustimmung des Fahrdienstleiters durchgeführt werden.

Fahren auf Sicht: Beim „Fahren auf Sicht" darf der Tf je nach Sichtverhältnissen nur so schnell fahren, dass der Zug vor einem Fahrthindernis oder Haltsignal zum Stehen kommen kann, jedoch höchstens 40 km/h.

PZB: Punktförmige Zugbeeinflussung (PZB) bedeutet, dass an definierten Punkten der Strecke, abhängig von der Stellung vorausliegender Signale, Informationen zur Sicherung der Zugfahrt übertragen werden und so der Zug beeinflusst werden kann. Beispielsweise wird bei nicht beabsichtigtem Überfahren eines roten Signals der Zug zwangsgebremst.

LZB: Linienförmige Zugbeeinflussung (LZB) bedeutet, dass die Fahrzeuge kontinuierlich überwacht werden. Dies geschieht mittels eines zwischen den Schienen verlegten Kabelpaars, welches Daten vom Fahrzeug empfängt und Daten zum Fahrzeug sendet. LZB wird bei Geschwindigkeiten von über 160 km/h eingesetzt, weil bei hohen Geschwindigkeiten die Signale von den Tf nicht mehr sicher wahrgenommen werden können und die Bremswege sehr lang sind.

Sanden: Beim Sanden wird vor die Räder feiner Sand gestreut, um die Rad-Schienen-Haftung zu erhöhen und so bei Nässe den Bremsweg zu verkürzen. Eine Schnellbremsung, egal ob durch eine Zwangsbremsung ausgelöst oder nicht, muss immer durch Sanden unterstützt werden.

Schriftlicher Befehl: Vom Fahrdienstleiter erhält der Tf fernmündlich über den Zugfunk einen Befehl diktiert, welchen der Tf auf den Befehlsvordruck niederschreibt. Zur Sicherheit wiederholt der Tf den Befehl. Ist der Befehl abgearbeitet, wird er durchgestrichen und weggelegt.

Sicherheitsrelevanter Fehler: Fehler mit sicherheitsrelevanten Inhalt, welcher mit einer erhöhten Betriebsgefahr einhergeht. Eine Betriebsgefahr ist im Allgemeinen definiert als *generelle Gefahr, die von einer Sache nur aufgrund ihrer Eigenart ausgeh* (Rechtlexikon-Online, 2010). Nach §1 Haftpflichtgesetz geht eine Betriebsgefahr auch von Schienenbahnen aus (Bundesministerium der Justiz, 2010).

Sifa (kurz für: Sicherheitsfahrschaltung): Der Tf muss den Sifa-Schalter, welcher sich gewöhnlich im Fußraum befindet, ständig gedrückt halten. Spätestens nach 30 Sekunden muss der Tf den Druck kurz unterbrechen. Damit erhält das System die Information, dass der Tf noch reagieren kann. Reagiert der Tf nicht, z.B. weil er ohnmächtig geworden ist, wird der Zug zwangsgebremst.

Überwachungsfahrt: Je nach Geschäftsbereich muss jeder Tf jedes Jahr bzw. alle drei Jahre eine Überwachungsfahrt in einem Simulator absolvieren. Diese Fahrten sind standardisiert. Die Leistung des Tf wird an die jeweilige Dienststelle gemeldet und gegebenenfalls werden Konsequenzen (z.B. Nachschulung) angeordnet.

Weichenbereich: der Begriff „anschließender Weichenbereich" ist ein feststehender Begriff im Bahnbetrieb. Der Anfang des anschließenden Weichenbereichs liegt an dem Signal, ab dem die Fahrt zugelassen wird. Das Ende des Weichenbereichs liegt bei einer Fahrt a) auf Einfahrsignal oder Zwischensignal am folgenden Hauptsignal oder beim gewöhnlichen Halteplatz des Zuges (das ist der Bahnhof), b) auf Ausfahrsignal hinter der letzen Weiche im Fahrweg, ist keine Weiche vorhanden am Ausfahrsignal, c) auf Abzweigstellen, Überleitstellen und Anschlussstellen mit Hauptsignal hinter der letzten Weiche im Fahrweg. Bei Singalisierungen mit Zs 1 Ersatzsignal und Zs 7 Vorsichtsignal gelten Sonderregelungen.

Zwangsbremsung: Der Zug wird bei einer Zwangsbremsung automatisch gebremst. Der Tf muss jede Zwangsbremsung mit einer Schnellbremsung und Sanden unterstützen. Der Zug wird automatisch zwangsgebremst, wenn der Tf nicht die Sifa bedient, weil er zum Beispiel eingeschlafen ist. Oder es geschieht, wenn der Zug mit einer überhöhten Geschwindigkeit über einen Magneten fährt. Der Magnet (es gibt unterschiedliche Arten von Magneten: 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz) ist fest in der Strecke installiert, meist an Vor- und Hauptsignalen, und ermöglicht den Austausch von Informationen zwischen der Strecke und dem Zug. Fährt der Zug beispielsweise mit einer überhöhten Geschwindigkeit über einen 500 Hz Magneten, wird der Zug zwangsgebremst.

13.5.2 Signale

Die für diese Arbeit relevanten Signale im Zugverkehr sind in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt; Grundlage ist die Richtlinie 301 – Signalbuch der Deutschen Bahn AG (2009):

Ausfahrsignal: Ein Ausfahrsignal ist ein Hauptsignal unmittelbar nach dem Bahnhof. Es kann die Ausfahrt aus einem Bahnhof erlauben, verbieten oder unter Einschränkungen erlauben.

Einfahrsignal: Ein Einfahrsignal ist ein Hauptsignal unmittelbar vor einem Bahnhof. Es kann die Einfahrt in den Bahnhof erlauben, verbieten oder unter Einschränkungen erlauben.

Hauptsignal: Dies sind Signale, welche dem Tf anzeigen, ob der vor ihm liegende Streckenabschnitt frei ist.

Nebensignal 2: Dieses statische Signal kennzeichnet den Standort eines Vorsignals. Da der Tf durch das statische Signal keine Informationen über die Stellung des Hauptsignals erfährt, muss er ein haltanzeigendes Hauptsignal erwarten.

SBK: Selbstblocksignal. Ein selbstblockierendes Hauptsignal zeigt bei freier Blockstrecke in der Grundstellung „Fahrt". Sie wechseln bei besetzter Blockstrecke selbsttätig in die Haltstellung. Nach Räumung der Blockstrecke gehen sie wieder in die Grundstellung (Fahrt).

Vorsignal: Vorsignale zeigen an, welches Signalbild am zugehörigen Hauptsignal zu erwarten ist. Da Züge einen sehr langen Bremsweg haben, gewährleistet dies, dass der Tf den Zug rechtzeitig zum Stehen bringen kann.

Zp1: Achtungssignal. Hierbei handelt es sich um einen mäßig langen Ton, der dazu dient, die Aufmerksamkeit zu erregen oder zu bestätigen, dass ein Signalauftrag wahrgenommen wurde.

Zs 1: Ersatzsignal. Das Zusatzsignal 1 befindet sich an einem Hauptsignal. Es wird gegeben, wenn ein Hauptsignal keinen regulären Fahrtbegriff anzeigen kann. Die Fahrt ist auf

maximal 40 km/h beschränkt. Dies gilt bis zum nächsten Signal, bei einer Einfahrt bis zum Halt oder bei einer Ausfahrt im anschließenden Weichenbereich.

Zs 7: Vorsichtsignal. Das Zusatzsignal 7 erlaubt dem Tf an einem Hauptsignal, an dem es leuchtet, vorbeizufahren. Bis zum nächsten Hauptsignal muss „auf Sicht gefahren“ werden.

Zs 8: Fahrt auf falschem Gleis. Dieses Signal erlaubt dem Tf an einem Hauptsignal vorbeizufahren, um auf das Gegengleis zu wechseln. Im Weichenbereich gilt die Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h.

Zs 10: Ende der Geschwindigkeitsbeschränkung. Die durch Signal Zs3 oder Signal Hp2 vorgeschriebene Geschwindigkeitsbeschränkung gilt bei Ausfahrten bis zum "Ende des anschließenden Weichenbereiches". In manchen Fahrstraßen könnte schon vor dem Ende des Weichenbereiches beschleunigt werden, da nur noch Weichen zu befahren sind, die mit Streckengeschwindigkeit befahren werden dürfen. Um die Betriebsabwicklung zu beschleunigen können die Zusatzsignale 10 aufgestellt werden, die dem Triebfahrzeugführer schon ein vorzeitiges Beschleunigen gestatten, wenn der komplette Zug am Signal vorbeigefahren ist.