

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohren-
krankheiten, plastische und ästhetische Operationen
der Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Rudolf Hagen

**Habitation und Lerneffekte
beim Oldenburger Satztest
bei normalhörenden Probanden
in Abhängigkeit vom Lebensalter**

Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Martin Kaiser

aus Meschede

Würzburg, Juni 2019

Referent: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Rudolf Hagen
Korreferent: Prof. Dr. med. habil. Manfred Heckmann
Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 18. 11. 2020

Der Promovend ist Arzt

Leni, Lotti und Emil gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	I
1 Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Motivation	3
1.3 Audiometrie	3
1.4 Sprachaudiometrie	4
1.5 Oldenburger Satztest	5
1.6 Oldenburger Satztest und Altersabhängigkeit	8
2 Versuchsplanung und Methodik	10
2.1 Aufgabe und Inhalt	10
2.2 Skizzierung der Untersuchung	10
2.3 Probanden	10
2.4 Normalhörigkeit	11
2.5 Ausstattung und Technik	12
2.6 Untersuchungsanordnung	13
2.7 Untersuchungsablauf	14
2.7.1 Durchführung der Probandeneinwilligungserklärung und Anamnese	15
2.7.2 Durchführung der Reintonaudiometrie	15
2.7.3 Durchführung des Oldenburger Satztests	15
2.8 Statistische Auswertung	19
3 Ergebnisse	20
3.1 Tonaudiogrammauswertung	20
3.1.1 PTA	21
3.2 Sprachverständnis und Einflussfaktoren	23
3.2.1 Altersverteilung	27

3.2.2	Testlauf	30
3.2.3	Geschlecht	32
3.2.4	Vorlagendarbietung	34
3.2.5	Leserichtung	35
3.3	Sprachverständlichkeitsbestimmung	35
3.4	Antwortzeit und Einflussfaktoren	37
3.4.1	Altersverteilung	40
3.4.2	Testlauf	40
3.4.3	Geschlecht	42
3.4.4	Vorlagendarbietung	43
3.4.5	Leserichtung	44
4	Diskussion	45
4.1	Frequenzabhängige Hörempfindlichkeitsmessung	45
4.2	Pure tone average	45
4.3	Abhängigkeit des Sprachverständnisses vom Alter	46
4.4	Habituations- und Lerneffekte	47
4.5	Kartendarbietung - ein Vorteil?	48
4.6	Optimierung der Sprachverständlichkeitsberechnung	49
4.7	Die Latenzzeit, die Reaktionszeit der Probanden	49
4.7.1	Altersunterschiede	50
4.7.2	Untersuchungsanordnung	50
4.8	Bewertung	51
5	Zusammenfassung	53
6	Literaturverzeichnis	I
7	Anhang	VII
7.1	Einwilligungserklärung	
7.2	Einzelaudiogramme	
7.3	Sprachverständnis (SRT)	
7.4	Sprachverständlichkeitsbestimmung (3-D-Plots)	
7.5	Antwortzeit (RTS)	

Danksagung

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
ANOVA	analysis of variance
OISa	Oldenburger Satztest
GöSa	Göttinger Satztest
PTA	pure tone average
RTS	reaction time
SNR	signal to noise ratio
SRT	speech reception threshold
Wako	Einsilber-Reimtest nach Wallenberg und Kollmeier

1 Einleitung

1.1 Einführung

Zu den fünf klassischen Sinnesmodalitäten beim Menschen zählen das Sehen, Hören, Riechen, Schmecken und Fühlen. Im Laufe der medizinischen Forschungsgeschichte wurden zahlreiche Kenntnisse über diese Sinnesmodalitäten gewonnen, sodass die Mehrheit der physiologischen und anatomischen Zusammenhänge erforscht und verstanden werden konnten. Beispielweise befasste sich der Anatom Alfonso Corti mit Innenohren von Säugetieren und entdeckte 1854 in Würzburg das nach ihm benannte ‚Corti-Organ‘ unter Führung von Rudolf Albert Kölliker (Gerabek et al., 2011). Diese und weitere Entdeckungen ermöglichten im weiteren Verlauf die Identifizierung von Pathologien beim Menschen, die durch verschiedene diagnostische Verfahren verifiziert werden konnten. Für die Sinnesmodalität ‚Hören‘ kristallisierte sich die Audiometrie als geeignetes Messinstrument für die Quantifizierung der Hörleistung heraus. Die Funktionsweise dieses Messinstrumentes findet ihre Grundlage auf der im Folgenden dargestellten Physiologie und Anatomie des Hörvorgangs.

Sprache ist aufgebaut aus Klängen (Vokale) und Geräuschen (Konsonanten) (Speckmann et al., 2008). Ein Klang setzt sich aus mehreren Sinusfrequenzen zusammen; ein Geräusch besteht aus multiplen unregelmäßigen Frequenzen. Das Gehörorgan zerlegt die einzelnen Komponenten der Sprache und wandelt die kinetische Energie in elektrische Energie um, die dann in mehreren Schaltprozessen intrazerebral bearbeitet wird und den Menschen ermöglicht, die Sinnesmodalität ‚Hören‘ wahrzunehmen (Speckmann et al., 2008).

Anatomisch gliedert sich das Ohr in äußeres Ohr, Mittelohr und Innenohr (Sobotta et al., 2017). Ohrmuschel (Auricula), äußerer Gehörgang (Meatus acusticus externus) sowie Trommelfell (Membrana tympani) bilden das äußere Ohr. Die Paukenhöhle (Cavitas tympani) mit der Gehörknöchelchenkette zählt zum Mittelohr. Das Innenohr liegt im Os temporale und enthält Hör- und Gleichgewichtsorgan. Die Schnecke (Cochlea) ist das Hörorgan und sendet Aktionspotenziale über den VIII. Hirnnerv (N. vestibulocochlearis) in das Gehirn.

Die Signaltransduktion sowie die Signalverarbeitung beginnen am äußeren Ohr. Die

Schallwellen gelangen über den Meatus acusticus externus zum Trommelfell. Die temporären Druckerhöhungen der Schallwellen sorgen für eine Auslenkung des Trommelfells und bewirken die mechanische Bewegung der im Mittelohr befindlichen Gehörknöchelchenkette, bestehend aus Malleus, Incus und Stapes. Das Mittelohr dient dabei als Impedanzwandler, um 60 Prozent der Schallenergie in das mit Peri- bzw. Endolymphe gefüllte Innenohr zu überführen. Durch die Hebelwirkung von Trommelfell und Hammergriff sowie das Flächenverhältnis vom Trommelfell zum ovalen Fenster gelingt eine effektive Signaltransduktion (Drenckhahn, 2004). Eine Dysfunktion in diesem Kompartiment des Hörorgans führt zu einer Schalleitungsschwerhörigkeit und setzt die Hörschwelle herab (Speckmann et al., 2008). Die Schallwellen sorgen somit für eine Bewegung des Stapes, dessen Basis mit dem ovalen Fenster verbunden ist und das Mittelohr mit dem Innenohr funktionell verbindet. Das ovale Fenster wird durch den Stapes bewegt und es kommt durch die mechanische Bewegung zu Volumenschwankungen in der Cochlea. Dabei gliedert sich die Cochlea in drei funktionelle Räume, die mit Endolymphe gefüllte Scala media sowie die mit Perilymphe gefüllten Scalae vestibuli et tympani. Die Volumenschwankungen führen zu Wanderwellen in der Scala vestibuli, die sich auf die Scala tympani durch die funktionelle Verbindung im Helicotrema sowie auf die Scala media auswirken. Das Sinnesepithel, bezeichnet als ‚CORTI-Organ‘, befindet sich in der Scala media. Das CORTI-Organ besteht aus Stützzellen und inneren sowie äußeren Haarzellen. Maßgebend für die Signaltransduktion sind die inneren Haarzellen. Durch die Wanderwellen entstehen Scherbewegungen am CORTI-Organ. Die apikal gelegenen Stereozilien der inneren Haarzellen werden abgeknickt (Deflexion) und sorgen für Depolarisationen bzw. Repolarisationen (Sobotta et al., 2017). Die notwendige Energie wird durch Membranpotenzialunterschiede in der Scala media sowie den Scalae vestibuli et tympani bereitgestellt. Die Membranpotenzialunterschiede werden durch verschiedene Kalium-Ionen-Konzentrationen in den jeweiligen Kompartimenten hervorgerufen. Diese mechanoelektrische Transduktion führt in den afferenten Fasern des Nervus cochlearis zu einem adäquaten Reiz und die elektrischen Aktionspotenziale werden über den Nervus vestibulocochlearis in den Hirnstamm geleitet.

Drei bis fünf intrazerebrale Verschaltungsstationen verarbeiten das Signal. Die primäre Hörrinde ist dabei der Endpunkt der aufsteigenden Hörbahn. Im Temporallappen der Großhirnrinde befindet sich die primäre Hörrinde, wo beim Menschen die Wahrnehmung von Geräuschen oder Klängen erfolgt (Drenckhahn, 2004).

1.2 Motivation

Für die Hörgeräte-Versorgung von schwerhörigen Patienten werden in der Diagnostik die Ton- sowie die Sprachaudiometrie angewandt. Zur sprachaudiometrischen Testung werden die Freiburger Sprachtests standardmäßig verwendet. Die Freiburger Sprachtests testen in Ruhe die Sprachverständlichkeit von Zahlenwörter (z.B. 53, 14, 39, 68, 57, 90) und Einsilbern (z.B. Zahl, Fleck, Furcht, Laub). Damit läuft die Testung unter alltagsfernen kommunikativen Bedingungen ab. Die schwerhörigen Patienten weisen vor allem Sprachverständlichkeitsprobleme in geräuschvoller Umgebung, wie beispielsweise in einem gut besuchten Restaurant, auf. Um solche alltagsrelevanten Testbedingungen besser zu berücksichtigen, wird im deutschsprachigen Raum zuweilen der Oldenburger Satztest als geeignetes alternatives Messinstrument angewandt. Hierbei wird die Satztestung unter Berücksichtigung von Störgeräuschen durchgeführt, sodass eine realitätsnähere Sprachverständlichkeitstestung stattfindet. Nachteilig an diesem Verfahren ist indes die begrenzte Nutzung dieses Verfahrens sowie die noch geringe praktische Erfahrung mit diesem Messinstrument.

Ziel der vorliegenden Dissertationsarbeit war es, durch eine kritische Analyse des Oldenburger Satztests mit Hilfe eines in Altersdekaden gegliederten Alterskollektivs weitere Erkenntnisse für dieses Messinstrument zu gewinnen, damit die Sprachaudiometrie „nicht auf dem heute noch vielfach verbreitetem Stand(ard) stehen bleibt“, wie es [Rahne \(2017\)](#) in seinem Artikel „Zielgenaue Anwendung der Sprachaudiometrie“ anmahnt.

1.3 Audiometrie

Die Audiometrie, lateinisch von *audire* ‚hören‘ und aus dem griechischen ‚metrie‘ für das Maß/messen, befasst sich mit der Messung von Hörleistung. Die moderne Audiometrie lässt sich in objektive sowie subjektive Testverfahren gliedern. Zu den objektiven Testverfahren gehören unter anderem die Messung der otoakustischen Emissionen, die Stapediusreflexmessung, die Tympanometrie und die Hirnstammaudiometrie ([Hoppe und Hast, 2017](#)). Die objektiven Testverfahren kommen ohne Mithilfe des zu Untersuchenden aus, sodass diese Testverfahren vor allem im Säuglings- und Kleinkindalter zur Anwendung kommen. Subjektive Testverfahren beruhen hingegen auf der Interaktion mit dem zu Untersuchenden. Sie setzen mithin eine intellektuelle Mindestleistungsfähigkeit sowie Sprachkenntnisse für eine valide Messung voraus ([Mrowinski et al., 2017](#)). Die Sprachaudiometrie sowie die Tonaudiometrie sind wichtige Pfeiler in der audiologischen Diagnostik. Sowohl die Tonaudiometrie wie auch die Sprachaudiometrie

werden in dieser Arbeit thematisiert. Die Tonaudiometrie misst die frequenzspezifische Abschwächung der Hörleistung (Hoppe und Hast, 2017). Sie ist in der Durchführung weniger komplex und wird in der Regel binaural über Kopf- oder Knochenleitungshörer gemessen.

1.4 Sprachaudiometrie

Die Sprachaudiometrie wird als standardisierte Untersuchung zur Messung des Sprachverständnisses eingesetzt. Das Prinzip der Sprachaudiometrie ist die Darbietung von aufgesprochener Sprache über Kopfhörer oder Lautsprecher in definierten Lautstärken (vgl. (Steffens, 2017)). Dabei misst die Sprachaudiometrie die Sprachverständlichkeit als Zielgröße.

Eine Schwierigkeit in der Sprachaudiometrie ist das sehr heterogene akustische Umfeld. Des Weiteren lassen sich die physikalischen Parameter im Gegensatz zur Reintonaudiometrie nicht vollständig festlegen (Rahne, 2017). Dies führt zu einer großen Heterogenität der verwendeten Parameter und erschwert eine Vergleichbarkeit der gemessenen Sprachtests. Kausalitäten bezüglich der erhobenen sprachaudiometrischen Befunde zu Pathologien im Gehörvorgang lassen sich durch die multiplen Faktoren, die die Sprachaudiometrie beeinflussen, selten herstellen. Zu den nicht auditorischen Faktoren, die eine sprachaudiometrische Messung beeinflussen zählen nach Hoppe und Hast (2017) „Hörerfahrung, individueller Wortschatz, Hör-Merk-Spanne sowie sprachliche Kompetenz“.

Die Sprachaudiometrie im deutschsprachigem Raum begründet sich auf die Veröffentlichung ‚Über Sprachaudiometrie und neue Wörtertete‘ (Hahlbrock, 1953). Professor Hahlbrock entwickelte im Jahr 1953 die Freiburger Sprachtests, den Freiburger Einsilber- sowie den Freiburger Zahlentest. Die beiden Testverfahren sind nach DIN 45621 genormt (Batsoulis und Lesinski-Schiedat, 2016; Hoppe und Hast, 2017). Knapp 70 Jahre später sind die Freiburger Sprachtests weiterhin der Standard in der Sprachaudiometrie für die Diagnostik, Indikation, Hörgeräteüberprüfung und Begutachtung (Batsoulis und Lesinski-Schiedat, 2016; Löhler et al., 2014). Durch die langjährige Erfahrung bieten die Freiburger Sprachtests ein Messverfahren, welches flächendeckend in den HNO-Praxen, HNO-Kliniken sowie von den Hörakustikern im deutschsprachigem Raum eingesetzt wird. Dennoch sind die Freiburger Sprachtests einiger Kritik ausgesetzt. Kollmeier et al. (2011) sowie Müller-Deile, J. (2009) bezeichnen die Freiburger Sprachverständlichkeitstests als ungenau und nicht zeitgemäß. Kritisiert wird unter anderem die

Ungewogenheit der Testlisten und die damit einhergehende fehlende Reproduzierbarkeit sowie die überartikulierte Sprache (Batsoulis und Lesinski-Schiedat, 2016).

Andere vielversprechende moderne Sprachtests sind bereits seit vielen Jahren publiziert. Zu nennen wären unter anderem der Einsilber-Reimtest nach Wallenberg und Kollmeier (WaKo) (v. Wallenberg und Kollmeier, B., 1989), der Göttinger Satztest (GöSA) (Kollmeier und Wesselkamp, 1997) und der Oldenburger Satztest (OISa) (Wagener et al., 1999a,b,c). Diese sprachaudiometrischen Verfahren weisen einige Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede auf (Semantik der Sätze, Sprechgeschwindigkeit, Anzahl der Testlisten). Als Gemeinsamkeit ist die Durchführbarkeit im Störgeräusch bei allen drei Sprachtests gewährleistet. Kollmeier et al. (2011) und Schorn (2004) postulieren die hohe Relevanz der Störgeräusch-Nutzung in der Sprachaudiometrie. Für Hörgeschädigte ist ein Sprachverstehen in alltäglichen Situationen von hoher Priorität (Rahne, 2017). Die Situation, in der Hörgeschädigte sprachverständliche und damit kommunikative Probleme bekommen, ist eine geräuschvolle Umgebung. Dieses Phänomen wird auch als Cocktailparty-Phänomen bezeichnet und ist in der Literatur vielfach beschrieben worden (Jones und Litovsky, 2008; Lewald und Getzmann, 2015; Zundorf et al., 2014). Daher ist es bei den modernen Sprachtests möglich, zusätzlich zum Nutzsignal (aufgesprochene Sprache) ein Störgeräusch einzuspielen. Damit gelingen möglichst kommunikationsrelevante Testbedingungen.

Die modernen Sprachtests haben bisher ihren Anwendungsbereich in der Anpassung und Einstellungsoptimierung bei Patienten mit Hörgeräten oder Cochlea-Implantaten (Brand und Wagener, 2016). Damit ist der aktuelle Einsatz im sprachaudiometrischen Alltag gering. Mit der Aufnahme des Göttinger Satztests sowie des Oldenburger Satztests in die Hilfsmittelrichtlinie (Gemeinsamer Bundesausschuss (2014, 2017, 2020)) gewinnen die beiden Satztests für die Hörgeräteversorgung zunehmend an Bedeutung.

In dieser Arbeit sollen Eigenschaften des Oldenburger Satztest in Abhängigkeit des Alters evaluiert werden, um Weiterentwicklungen in der Sprachaudiometrie möglich zu machen. Aus Sicht des Autors hat der OISA das Potenzial einen höheren Stellenwert in der deutschsprachigen Sprachaudiometrie zu erhalten. Eine langjährige sprachaudiometrische Anwendung und Erfahrung können die modernen Sprachtests im Gegensatz zu den Freiburger Sprachtests nicht aufweisen. Aus diesem Grund sind weitere wissenschaftliche Untersuchungen notwendig, um den anderen (beschriebenen) Sprachtests im deutschsprachigen Raum zu mehr Anwendung in der Praxis zu verhelfen.

1.5 Oldenburger Satztest

Historisch gesehen stammt der Oldenburger Satztest (OISa) aus dem schwedischen Sprachraum. 1982 beschrieb [Hagerman \(1982\)](#) erstmalig die Idee eines Sprachtests, der aus zehn syntaktisch korrekten und semantisch inkorrekten Sätzen besteht. Aufgrund der Modernisierung gelang es Hagerman, den Test computereditiert zu entwerfen und zu validieren. Sowohl die Sprache als auch das Störgeräusch weisen aufgrund der Computerverarbeitung dasselbe Frequenzspektrum auf.

Für den deutschsprachigen Raum entwickelten [Wagener et al. \(1999a,b,c\)](#), basierend auf der Vorarbeit von Hagerman, den Oldenburger Satztest.

Dabei beinhaltet der Oldenburger Satztest 40 Testlisten mit jeweils 30 Testsätzen. Die Reihenfolge eines Satzes setzt sich aus einem *Namen*, einem *Verb*, einer *Zahl*, einem *Adjektiv* und einem *Objekt* zusammen. [Abbildung 2.2](#) gibt einen Überblick über den vollständigen Wortschatz, bestehend aus 50 Wörtern. Die semantisch inkorrekten Sätze sollen eine Wiederholbarkeit gewährleisten. Zudem soll der niedrige Sinngehalt eine geringe Redundanz schaffen. Die geringe Redundanz führt zu einer geringen Wiedererkennung, sodass „etwa vier von fünf Wörtern eines Satzes“ nicht aus dem Kontext prognostiziert werden können ([Kießling, 2000](#)).

Ziel der Durchführung des Oldenburger Satztests ist das Erreichen der probanden-spezifischen Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) im Störgeräusch oder in Ruhe. Die Sprachverständlichkeitsschwelle ist der nach Durchführung erhaltene Wert, bei dem 50 Prozent der dargebotenen Testitems richtig wiedergegeben werden. Zur zeitlichen Optimierung kann der Test mit einer adaptiven Steuerung durchgeführt werden. Das Störgeräusch besteht aus „Wortgewirr“, welches durch 30-fache Überlagerung des gesamten Sprachmaterials generiert wurde ([Schorn, 2004](#)).

[Wagener et al. \(1999a\)](#) beschreiben bei der Entwicklung des OISa die Anforderungen an einen modernen Sprachtest mit folgenden Eigenschaften:

- Durchführbarkeit im Störgeräusch
- steile Diskriminationsfunktion
- hohe Anzahl bzw. Wiederholbarkeit der Testlisten
- mittlere Sprechgeschwindigkeit der Aufsprache
- Verwendung gebräuchlicher Sprache

Aufgesprochen wurde der Oldenburger Satztest von J. Sotschek, der kein geschulter Sprecher ist, aber bereits für weitere Sprachverständlichkeitstests Aufnahmen gemacht hat. Bei der Entwicklung des OISa wurde die Sprechgeschwindigkeit im Mittel mit 233 Silben pro Minute aufgesprochen, um Verständlichkeitsunterschiede zu vermeiden und die Testung von hochgradig schwerhörigen Patienten durchführen zu können. Die verwendeten Wörter beim OISA entsprechen der mittleren Phonemverteilung der deutschen Sprache. Bei Erstellung der Testlisten wurde auf eine Homogenisierung und Natürlichkeit der aufgesprochenen Sprache geachtet. Dazu wurden die Wörter gemeinsam mit dem Folgewort aufgesprochen (das erste Wort mit dem zweiten Wort, das zweite Wort mit dem dritten Wort, usw.), um dann zusammengeschnitten und zu Testlisten generiert zu werden. Der Effekt dieser Maßnahme führte zu einem Gewinn an Sprachnatürlichkeit der Sätze. Des Weiteren wurden die Pegelschwankungen innerhalb der Testlisten ausgeglichen (Wagener et al., 1999a).

Die Evaluierung des Oldenburger Satztests erfolgte mit 20 Probanden und ergab eine Sprachverständlichkeitsschwelle von -7,1 dB S/N sowie eine Diskriminationsfunktion von 17,1 Prozent pro dB (Wagener et al., 1999c). Das Probandenkollektiv bestand aus jungen normalhörenden Probanden. Die Probanden waren mit akustischen Experimenten vertraut (Mitarbeiter der Universität Oldenburg).

In der Literatur sind weitere Studien zu finden, die sich mit den Eigenschaften des Oldenburger Satztest beschäftigen. Rählmann und Meister (2017) untersuchten den Oldenburger Satztest mit normalhörenden Probanden (n=16) in unterschiedlichen Altersdekaden (Mittelwert: 46,8 Jahre) ohne die Eigenschaften des Oldenburger Satztests in Abhängigkeit des Alters weiter zu analysieren. Die Fragestellung befasste sich hauptsächlich mit dem ‚informational masking‘.

Müller-Deile, J. (2009) untersuchte in seiner Studie den Oldenburger Satztest an einem Probandenkollektiv (n=46), die mit Cochlea-Implantaten versorgt worden waren. Als Fazit konnte festgestellt werden, dass der Oldenburger Satztest ein geeigneter Sprachtest zur Messung der Sprachverständlichkeit ist. Als nachteilig wird der Lerneffekt beschrieben und es wird von Müller-Deile, J. (2009) empfohlen, bei Cochlea-Implantat-Patienten 140 Testsätze vor der eigentlichen Messung durchzuführen, um den Lerneffekt ausreichend zu minimieren.

Kritisisiert wird der Oldenburger Satztest für den mehrfach in der Literatur beschriebenen Lerneffekt (Löhler et al., 2014; Müller-Deile, J., 2009; Schorn, 2004). Dadurch gestalten sich die Sprachtestung zeitaufwendiger, bis validierte Ergebnisse der Patienten/Probanden erreicht werden. Bereits bei der Evaluierung des OISa sind Lerneffekte festgestellt worden. Wagener et al. (1999c) beschrieb bei der Durchführung der ersten

zur zweiten Testliste Unterschiede im SRT von 1 dB S/N, sowie bei insgesamt sechs durchgeführten Testlisten einen Lerneffekt von 1 bis 2 dB S/N, der sich wesentlich in den ersten beiden Testlisten manifestiert. Ist dieser Trend auch für ein Probandenkollektiv, das altersgestaffelt analysiert wird, ebenfalls zutreffend oder stellen sich Lerneffekte bei älteren Probanden vermehrt oder sogar vermindert dar? [Hernvig und Olsen \(2005\)](#) konnte bei der Durchführung der ersten beiden Testlisten einen Lerneffekt von 1,5 dB bei der Durchführung des dänischen Matrixtests feststellen. Das Probandenkollektiv bestand bei dieser Studie aus Probanden, die mit einem Hörgerät versorgt waren. Mittlerweile gibt es den Matrixtest in 17 verschiedenen Sprachen, beispielsweise in Englisch, Arabisch, Finnisch und Russisch ([Brand und Wagener, 2016](#); [Dietz et al., 2014](#); [Warzybok et al., 2015](#)). Die Darbietung des Matrixtests in verschiedenen Sprachen könnte zu einer internationalen Vergleichbarkeit führen ([Wagener et al., 2007](#)). Desweiteren könnte die Durchführung bei nicht Muttersprachlern in Deutschland in der jeweiligen Muttersprache möglich sein. Eine gesicherte Aussage darüber, ob eine internationale Vergleichbarkeit besteht oder ob die Durchführbarkeit in der jeweiligen Muttersprache zu validen Ergebnissen führt, ist aufgrund der unzureichenden Datenlage bisher nicht möglich.

1.6 Oldenburger Satztest und Altersabhängigkeit

In der Sprachaudiometrie wurde gezeigt, dass die Ergebnisse mit den kognitiven Leistungen der Getesteten verknüpft sind ([Meister, 2017](#)). Inwieweit der Oldenburger Satztest Rückschlüsse auf die Kognition zulässt, soll mit dieser Arbeit gezeigt werden. [Meister et al. \(2011\)](#) konnten nachweisen, dass ältere Probanden mit einem intakten peripheren Gehör eine schlechtere Sprachverständlichkeit in komplexen sprachaudiometrischen Testungen zeigen als bei einfachen Testungen. Dabei beschreiben [Meister \(2017\)](#), dass der OISA als komplexer Sprachtest und die Worterkennung in Ruhe als ein einfacher Sprachtest (z.B. Freiburger Einsilber) zu werten ist. Eine zusätzliche kognitive Belastung für den zu Testenden wird durch die Verwendung von Störgeräuschen erreicht. Des Weiteren schildern [Löhler et al. \(2014\)](#), dass Patienten bei Satztests, die aus mehreren Wörtern bestehen, Probleme mit dem auditiven Arbeitsgedächtnis bekommen. Dies könne eine Verzerrung der Ergebnisse hervorrufen. Darüber hinaus ist anzumerken, dass die sprachaudiometrischen Befunde größtenteils von der Sprachverständlichkeit und weniger von kognitiven Faktoren abhängig sind ([Meister, 2017](#)). Für eine genaue Testung der reinen Sprachverständlichkeit wäre es insofern wünschenswert,

wenn der audiometrische Befund möglichst wenig von kognitiven Leistungen abhängig ist. Möglicherweise lassen sich die kognitiven Faktoren minimieren, indem man die Testanordnung in eine geschlossene Form bringt. Dies würde für den zu Untersuchenden bedeuten, den Sprachtest mit Hilfe der Wörterliste zu absolvieren.

Aus diesem Grund soll daher an dem Probandenkollektiv untersucht werden, inwieweit sich die Testung dahingehend optimieren lässt, dass eine Erhöhung der Effizienz bei gleichbleibender Validität erreicht werden kann.

In der klinischen Praxis hat sich zudem gezeigt, dass der OISa durch seinen Lerneffekt und der damit notwendigen Durchführung von Trainingslisten zeitintensiv ist (Müller-Deile, J., 2009). Insofern soll in der vorliegenden Arbeit die Erfassung der Antwortzeit unter verschiedenen Untersuchungsbedingungen analysiert werden. Sind Maßnahmen, wie die Durchführung der Testung als geschlossene Form mit einem zeitlichen Mehraufwand verbunden? Ist eine generelle Tendenz zu erkennen oder brauchen beispielsweise nur ältere Probanden länger? Bezüglich der Antwortzeit (reaction time) finden sich in der Literatur - nach aktuellem Stand - keine Studien.

2 Versuchsplanung und Methodik

2.1 Aufgabe und Inhalt

Im Mittelpunkt der Dissertation stehen die Habituationen und Lerneffekte beim Oldenburger Satztest bei normalhörenden Probanden in Abhängigkeit vom Lebensalter. Daher wurde bei der Versuchsplanung ein strukturiertes Konzept entwickelt, um die genannte Thematik zu untersuchen. Die gesamte Durchführung der Testung wurde ausschließlich durch den Autor vorgenommen.

2.2 Skizzierung der Untersuchung

Zur Analyse der Altersunterschiede bei der Durchführung des Oldenburger Satztests wurde auf eine homogene Altersverteilung geachtet. Es wurden insgesamt 40 Probanden untersucht. Die 40 Probanden wurden in fünf Altersdekaden eingeteilt, angefangen mit der Dekade 30-39 Jahre, über die Dekaden 40-49 Jahre, 50-59 Jahre, 60-69 Jahre und schließlich die älteste Dekade mit 70-79 Jahren. In jede der Dekaden wurden jeweils acht Probanden rekrutiert, vier männliche und vier weibliche.

2.3 Probanden

Zur Gewährleistung repräsentativer Daten mussten die Probanden die folgenden Kriterien erfüllen:

- Deutsch als Muttersprache
- keine hörrelevante Einschränkung/Erkrankung
- kein akuter Lärmschaden in der letzten Woche
- Besitz der Fähigkeiten ‚lesen und schreiben‘
- Erfüllung des Kriteriums ‚normalhörend‘ bei der Reintonaudiometrie

Die ersten vier Kriterien wurden durch den Autor anamnestisch erhoben, das fünfte Kriterium der Normalhörigkeit wird in 2.4 genauer definiert.

Um ein hohes Maß an Sicherheit für die Probanden zu gewährleisten wurden die Testungen unter folgenden Rahmenbedingungen durchgeführt: In den Richtlinien der Europäischen Union für zulässige Schallbelastung (Richtlinie 2003/10/EG) (Union, 2003) werden Grenzen von max. 135 dB (Spitzenschalldruckpegel) sowie 80 dB (Dauerschallpegel) genannt. In der Durchführung der Probandentestungen wurden maximale Spitzenschalldruckpegel von etwa 75 dB erreicht. Damit liegt die Schallbelastung der Probanden weit unter der von der Richtlinie zulässigen Schallbelastung. Die sachkonforme Umsetzung wurde durch geeignetes Equipment (Audiometer, Kopfhörer, Audiometriebox), die als Medizinprodukte einer ständigen Wartung, Kontrolle und Kalibrierung ausgesetzt sind, gewährleistet. Daher konnten potenziell schädigende Pegel für die Probanden ausgeschlossen werden. Die Einwilligungserklärungen wurden im Vorfeld von den Probanden nach ausführlicher Instruktion sowie Aufklärung unterzeichnet. Sie liegen dem Autor dieser Dissertation in archivierter Form vor.

2.4 Normalhörigkeit

Die Erfüllung des Kriteriums der Normalhörigkeit wurde wie folgt definiert: Die Probanden mussten in der Reintonaudiometrie zur Hörschwellenmessung bei Luftleitung eine definierte Hörschwellengrenze erreichen. Für die Definierung der Hörschwellen jeder Dekade wurden die von der internationalen Organisation für Normung erstellte ISO 7029 (2000) und die Dissertation von Qualen (2010) verwendet. Die 25. Perzentile der ISO 7029 (2000) wurde dazu als Orientierung genommen und auf das Vielfache von 5 dB aufgerundet. Zudem durften die „Probanden bis zum Alter von 49 Jahren im Hauptsprachfeld zwischen 500 Hz und fünf KHz einen maximalen Verlust von 20 dB, und in den Nebenfrequenzen einen maximalen Verlust von 30 dB aufweisen“ (Qualen, 2010). Damit ergaben sich für die Probanden die in der Tabelle 2.1 angegebenen Hörschwellen.

Tabelle 2.1: Zulässige maximale frequenzspezifische Hörschwelle (in dB Hörleistung) für Frauen und Männer der jeweiligen Altersgruppen.

		Frauen								
		Frequenz[Hz]								
Altersgruppe		125	250	500	1000	1500	2000	4000	6000	8000
30-39		30	30	20	20	20	20	20	30	30
40-49		30	30	20	20	20	20	20	30	30
50-59		30	30	20	20	20	20	20	30	30
60-69		30	30	20	20	20	20	25	35	40
70-79		30	30	20	20	20	20	35	50	60
		Männer								
		Frequenz[Hz]								
Altersgruppe		125	250	500	1000	1500	2000	4000	6000	8000
30-39		30	30	20	20	20	20	20	30	30
40-49		30	30	20	20	20	20	20	30	30
50-59		30	30	20	20	20	20	20	30	35
60-69		30	30	20	20	20	20	40	50	60
70-79		30	30	20	20	25	30	60	70	80

2.5 Ausstattung und Technik

Die Messungen der Probanden wurden in der für die Forschung bereitgestellten Tonkabine C im ersten Stock des Kopfklinikums der Universitätsklinik Würzburg durchgeführt. Die Tonkabine entspricht den Bestimmungen nach DIN-Vorschrift ISO 8253 und wurde von [Kaulitz \(2008\)](#) folgendermaßen beschrieben:

Die Tonkabine ist „in hohem Maße reflexionsarm. Glaswollewürfel verschiedener Größen befinden sich am Boden, an den Wänden und unter der Decke. Die inneren Türen eines Doppeltürsystems sind mit verschiedenen großen Schaumstoffkeilen verkleidet. Die Innenmaße der Kammer sind $5 \times 5 \times 4$ Meter. Um ideale Versuchsbedingungen zu schaffen, wurden während des Versuchs die innere und äußere Tür geschlossen und die Lüftung des Vorraumes ausgeschaltet. So konnten Nebengeräusche auf ein Minimum reduziert werden. Der Schalldruckpegel nicht zu vermeidender Nebengeräusche lag bei weniger als 25 dB. Das Frequenzspektrum befand sich im Tieftonbereich. Es handelte sich am wahrscheinlichsten um Maschinengeräusche.“ ([Kaulitz, 2008](#)) Die räumliche Versuchsanordnung ist in der Abbildung 2.1 skizziert dargestellt.

Zu Untersuchungsbeginn wurde die Reintonaudiometrie mit dem Audiometer WESTRA CAD-03, den Kopfhörern beyerdynamic DT 48 CAD-03 und dem WESTRA-Programm durchgeführt. Als Computer wurde ein Intel(R) Core (TM) mit 3.09 GHz und 2,89 GB RAM verwendet. Als Betriebssystem wurde Windows XP genutzt. Zur Darbietung und Erfassung der Daten für den Oldenburger Satztest verwendete der Autor das Softwareprogramm ‚lost‘, welches von Herrn Dipl.-Ing. Stefan Brill geschrieben wurde und als Basissoftware Matlab benötigt. Für die Freifeldaudiometrie wurde die WESTRA-Audiometriebox LAB-1001 verwendet.

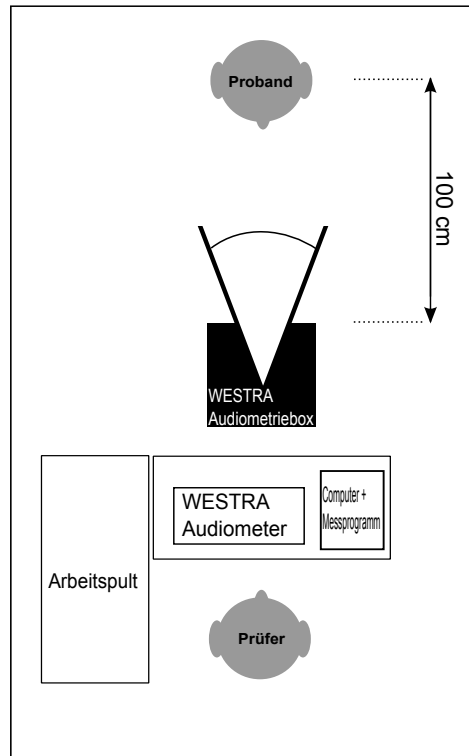


Abbildung 2.1: Räumliche Untersuchungsanordnung in der ‚Audiokabine C‘

2.6 Untersuchungsanordnung

Die Untersuchungsanordnung besteht aus drei Teilbereichen:

- anamnestische Kriterienprüfung der Probanden
- Reintonaudiometrie
- Sprachaudiometrie mit dem Oldenburger Satztest

Zunächst wurden die in 2.3 beschriebenen Kriterien anamnestisch von den Probanden erhoben. Die Nichterfüllung der Anforderungen bzw. Kriterien führte zum Ausschluss. Für die in 2.4 näher erläuterte Anforderung der Normalhörigkeit wurde von dem Autor ein Tonaudiogramm beider Ohren in Luftleitung angefertigt. Der letzte und auch zeitintensivste Teil der Untersuchungsanordnung lag in der fünfmaligen Durchführung des Oldenburger Satztests. Im Rahmen der Dissertationsarbeit wurde der Einfluss von vier Faktoren, die die Anordnung mitbestimmen, untersucht. Ein Faktor ist das Geschlecht, aufgeteilt in 20 weibliche und 20 männliche Probanden. Ein weiterer Faktor ist in der Aufteilung in fünf verschiedene Altersdekaden, angefangen von 30-39 Jahren bis zur ältesten Dekade mit 70-79 Jahren, festgelegt. Den dritten Einflussfaktor stellt die Hinzunahme der Basisliste des Oldenburger Satztests dar (2.2). Die Hälfte der Probanden bekam die Basisliste vor Beginn des ersten Durchlaufs, die andere Hälfte erst zu Beginn des fünften Durchlaufs. Der vierte Einflussfaktor war die Anordnung des Autors an die Probanden, die Basisliste entweder spalten- oder zeilenweise durchzulesen. Die Zuordnungen der Faktoren Basisliste und Leserichtung wurden gleichmäßig auf die Faktoren Alterskategorie und Geschlechterverteilung aufgeteilt. Daraus ergibt sich die in 2.2 gezeigte tabellarische Untersuchungsanordnung.

Tabelle 2.2: Untersuchungsanordnung mit den vier Einflussfaktoren **Geschlecht, Alterskategorie, Leserichtung und Karte**

Leserichtung	Alterskategorie									
	30-39		40-49		50-59		60-69		70-79	
spaltenweise	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
zeilenweise	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne
	Karte									

2.7 Untersuchungsablauf

Die Bedingungen der Untersuchung waren einheitlich und wurden durch denselben Prüfer durchgeführt. Zur besseren Übersicht ist der Ablauf wie in 2.6 in drei Teilbereiche gegliedert:

2.7.1 Durchführung der Probandeneinwilligungserklärung und Anamnese

Als Erstes wurden die Probanden über die Untersuchung aufgeklärt und eine Einwilligungserklärung vorgelegt (siehe 7.1). Es wurde beschrieben, dass die Testung zu wissenschaftlichen Zwecken angefertigt werde und die Lautstärke von 80 dB nicht überschritten wird, sodass eine potenzielle Hörschädigung ausgeschlossen ist. Bei Zustimmung seitens der Probanden wurde mit der Anamnese begonnen, um die Kriterien in 2.3 zu überprüfen. Bei Erfüllung der Kriterien konnte mit der Tonaudiometrie begonnen werden.

2.7.2 Durchführung der Reintonaudiometrie

Zur Reintonaudiometrie nahmen die Probanden frontal zum Audiometer Platz und bekamen die Instruktion, bei Tonwahrnehmung auf den Auslöser zu drücken. Danach wurde den Probanden die jeweilige Kopfhörergröße angepasst, sodass durch das Audiometer, angeschlossen an den Computer, mit der WESTRA-Software (vgl. 2.5) die Messung gestartet werden konnte.

Begonnen wurde mit dem rechten Gehör der Probanden in Luftleitung. Bei 1000 Hz wurde die Hörschwellenmessung gestartet, um danach die tiefen Frequenzen bis 125 Hz, gefolgt von den hohen Frequenzen bis 12 500 Hz, zu messen. Dabei wurde jede Frequenz mindestens doppelt geprüft, um den jeweiligen Wert zu verifizieren. Im Anschluss wurde das linksseitige Gehör in Anlehnung an das rechte gemessen. Die Hörschwellenaudiogramme wurden mit den Werten aus der Tabelle 2.1 verglichen und bei Erfüllung aller Kriterien konnte die Testung mit dem Oldenburger Satztest durchgeführt werden.

2.7.3 Durchführung des Oldenburger Satztests

Einstellung

Die im Freifeld durchgeführte Audiometriemessung mit dem Oldenburger Satztest wurde mit dem Softwareprogramm ‚lost‘ und den in 2.5 aufgeführten Hardwarekomponenten durchgeführt. Ziel der Durchläufe eins, zwei, vier und fünf war die Messung der Sprachverständlichkeitsschwelle. Die Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT für speech-reception threshold) ist das Sprachlevel, bei dem 50 Prozent der Wörter verstanden werden. Dieser Wert steht in Abhängigkeit zum Störgeräusch, das bei 65 dB fest kalibriert wurde. Damit wurde jeder der 30 Sätze eines Durchlaufs adaptiv in verschiedenen

Sprachpegeln dargeboten, angefangen bei 65 dB bei dem ersten Satz. Die darauffolgenden Sätze wurden adaptiv so laut dargeboten, bis der Proband am Ende einer Testliste etwa 50 Prozent der Wörter verstanden hatte. Das heißt, eine über 50-prozentige Verständlichkeit der Wortitems führte zu einem Leiserwerden, eine unter 50-prozentige Verständlichkeit zu einem Lauterwerden des Sprachsignals. Ein SRT-Wert von -7,2 dB S/N bedeutet bei einem Störgeräuschpegel von 65 dB eine 50-prozentige Wortverständlichkeit bei einem Sprachsignalpegel von 57,8 dB (65 dB - 7,2 dB = 57,8 dB).

Der dritte Durchlauf wurde dabei in nicht adaptiver Weise durchgeführt, um den Lerneffekt der Probanden zu steigern. Dabei betrug sowohl der Sprach- als auch der Störgeräuschpegel 65 dB über die 30 Sätze. Ein SRT-Wert wurde dabei nicht ermittelt, lediglich ein Wert, der die ‚richtig‘ angegebenen Wörter in Prozent angibt. Eine Übersicht der Einstellung gibt Tabelle 2.3.

Tabelle 2.3: Beispiel der Sprachpegelveränderung der adaptiven Durchläufe (1,2,4 und 5) und des nicht adaptiven Durchlaufs (3) in Abhängigkeit der Verständlichkeit, der SRT-Wert ist grau hinterlegt.

		Nummer der Sätze			
		1.	2.	3.	30.
Beispiele		Britta x hat x elf ✓ rote ✓ Rosen x	Tanja x gibt x acht x alte x Ringe x	Doris ✓ hat ✓ elf ✓ alte ✓ Autos ✓	Nina x hat x fünf ✓ weiß x Ringe x
Sprachverständlichkeit		60 %	0 %	100 %	20 %
adaptiv	Sprachverständlichkeit	60 %	30 %	53,3 %	~50 %
	Störgeräuschpegel	65 dB	65 dB	65 dB	65 dB
	Sprachsignalpegel	65 dB	64 dB	67 dB	ø62 dB
	Signal-Rausch Abstand [S/N]	0 dB	-1 dB	+2 dB	ø-3 dB
nicht-adaptiv	Sprachverständlichkeit	60 %	30 %	53,3 %	ø85 %
	Störgeräuschpegel	65 dB	65 dB	65 dB	65 dB
	Sprachsignalpegel	65 dB	65 dB	65 dB	65 dB
	Signal-Rausch Abstand [S/N]	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB

Instruktion

Um die Probanden auf die Testung vorzubereiten, erfolgte eine ausführliche Instruktion vor der Testung. Dazu lasen die Probanden die Einverständniserklärung und die Probandeninstruktion zunächst durch, in der schon über den Oldenburger Satztest aufgeklärt wurde (siehe 7.1). Vor Beginn der Testung klärte der Autor nochmals über den

Oldenburger Satztest und die Durchführung der fünf verschiedenen Testlisten auf. Dazu betonte er besonders folgende Punkte aus dem Handbuch ([Handbuch](#)):

- „Dies ist ein Test, um festzustellen, wie gut Sie Sprache in geräuschvoller Umgebung verstehen können (bzw. wie gut Sie leise gesprochene Sprache in Ruhe verstehen können).
- Hierzu werden Ihnen Sätze dargeboten, die von einer männlichen Stimme gesprochen werden.
- Jeder Satz besteht aus 5 Wörtern der Struktur: *Name Verb Zahl Adjektiv Objekt*, z. B.: *Ulrich schenkt sieben schwere Sessel*.
- Die Sätze sind nicht unbedingt sinnvoll. (Zusätzlich zu der Sprache wird ein Rauschen dargeboten.)
- Bitte wiederholen Sie nach der Darbietung den Satz oder jedes Wort, welches Sie verstanden haben. Wenn Sie unsicher sind, dürfen Sie gerne auch raten.
- Während der Messung wird die Lautstärke der Sprache verändert. (Die Lautstärke des Rauschens bleibt gleich.) Die Sprache kann dadurch teilweise sehr leise sein.
- Es ist daher ganz normal, dass Sie viele Sätze nicht vollständig verstehen. Für die Aussagekraft der Messung ist es wichtig, diese Messung unter schwierigen Bedingungen durchzuführen.“

Daraufhin wurde der Proband einen Meter frontal zur Audiometriebox auf den Probandenstuhl positioniert und es konnte mit dem Ablauf der OISa-Testung begonnen werden.

Ablauf

Je nach Zuordnung zur Probandengruppe (2.6) bekamen 50 Prozent der Probanden die Basisliste vor Durchführung der ersten Testung. Die Hälfte dieser Probanden (25 Prozent des Gesamtkollektivs) wurde angewiesen, die Basisliste (2.2) spaltenweise, die andere Hälfte (25 Prozent des Gesamtkollektivs), diese zeilenweise durchzulesen und während der gesamten Testung zu nutzen. Die anderen 50 Prozent des Gesamtkollektivs starteten bis auf die Instruktion nativ in die Testung und bekamen die Basisliste erst

Wolfgang		sieben		Schuhe
Britta	gewann	drei	schöne	Ringe
Doris	schenkt	fünf	schwere	Steine
Kerstin	kauft	elf	alte	Bilder
Nina	verleiht	vier	teure	Blumen
Peter	malt	acht	nasse	Dosen
Stefan	nahm	neun	kleine	Sessel
Tanja	sieht	achtzehn	grüne	Autos
Thomas	bekommt	zwei	weiße	Messer
Ulrich	gibt	zwölf	große	Tassen
	hat		rote	

Abbildung 2.2: Basisliste des Oldenburger Satztests

vor dem fünften Durchlauf. Der erste von fünf Durchläufen des OISa wurde den Probanden adaptiv dargeboten, das heißt, der Sprachpegel startete bei 65 dB und veränderte sich je nach Anzahl der ‚Richtig‘ beziehungsweise ‚Falsch‘ verstandenen Wörter. Bei der gesamten Messung war das Störgeräusch fest bei 65 dB kalibriert. Ein Durchlauf besteht dabei aus je 30 Sätzen, entsprechend einer Testliste. Nach Beendigung eines Durchlaufs wurde nach kurzer Konzentrationspause der nächste Testlauf gestartet, unter Verwendung einer neuen Testliste. Dabei wurden die Testdurchgänge eins, zwei, vier und fünf adaptiv bei den Probanden gemessen, der dritte Durchgang nicht adaptiv (siehe 2.4). Das bedeutet, dass der dritte Durchgang bei einem konstanten Störgeräusch und einem konstanten Sprachgeräusch von 65 dB gemessen wurde. Vor Beginn des fünften Durchgangs bekamen die 50 Prozent des Gesamtkollektivs die Basisliste, die bis dato ohne ausgekommen waren. Wiederum die Hälfte dieser Probanden (25 Prozent des Gesamtkollektivs) wurden angewiesen, die Basisliste spaltenweise und die andere Hälfte, diese zeilenweise zu lesen. Dann erfolgte die Durchführung des letzten Durchlaufs.

Tabelle 2.4: Schematische Darstellung des Ablaufs

Testliste	1.	2.	3.	4.	5.
Einstellung	adaptiv	adaptiv	nicht adaptiv	adaptiv	adaptiv

2.8 Statistische Auswertung

Um die erfassten Daten einer statistischen Auswertung zugänglich zu machen, wurden die Daten von der ‚lost‘-Software in das Statistikprogramm ‚R‘ überführt. ‚R‘ ist ein hochleistungsfähiges Programm, das durch Hinzunahme von Paketen eine Vielzahl von Tabellen und Grafiken erstellen kann. Außerdem ermöglicht ‚R‘, mit den ermittelten Daten eine Varianzanalyse (ANOVA) durchzuführen.

Die Rohdaten aus den Untersuchungen wurden zunächst ausgelesen und in drei Tabellen geordnet. Dazu diente das Statistikprogramm ‚R‘. Es wurden verschieden große Tabellen erstellt. Die erste Tabelle `subject_data` basiert auf den probandenspezifischen Daten der 40 Probanden. Dabei bildet jede Zeile genau einen Probanden ab. Die zweite Tabelle `test_run_data` enthält 200 Zeilen für jeden durchgeführten Testlauf (40 Probanden x 5 Testläufe). Die mit Abstand größte Tabelle `raw_data` beinhaltet alle durchgeführten Satztests und besteht somit aus 6000 Zeilen für 6000 durchgeführte Satzteste (40 Probanden x 5 Testläufe x 30 Sätze). Aus diesen drei Tabellen wurden die Daten für die statistische Auswertung erstellt. Die drei Basistabellen sind somit der Grundstock für das weitere Vorgehen.

Die statistische Untersuchung erfolgte mittels Anova mit einem Signifikanzniveau von 95 Prozent. Die Varianzhomogenität wurde mit dem Levene-Test überprüft und die Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test. Anschließend wurde mit dem Post-hoc-Test nach Tukey ein paarweiser Datenvergleich vorgenommen. Die statistische Auswertung erfolgte durch den Autor unter Zuhilfenahme von Herrn Dipl.-Ing. Stefan Brill.

3 Ergebnisse

Die Untersuchung beeinflussen Faktoren, die der Autor willentlich in die Untersuchung aufgenommen hat, und Faktoren, die nicht reduzierbar sind. Die willentlich aufgenommenen Faktoren sind die Altersgruppen, das Geschlecht, die Karten-Darbietung und die Leserichtung.

Nur eingeschränkt beeinflussbar ist der zu testende Proband selbst. Um dennoch eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde, wie in 2.4 beschrieben, eine Selektion der Probanden vorgenommen.

3.1 Tonaudiogramauswertung

Die Ergebnisse der in 2.6 beschriebenen Erhebung der Tonaudiogramme werden in der Abbildung 3.1 dargestellt. Sie zeigt die Mittelwerte aller vier Probanden einer Alterskategorie mit zugehöriger Standardabweichung. Die Tonaudiogramme sind geschlechtsspezifisch aufgeteilt in Frauen (3.1 linksseitig) und Männer (3.1 rechtsseitig). Hier zeigt sich eine altersabhängige Hörleistung. Die älteren Gruppen, besonders die 60er-Dekade und die 70er-Dekade, sind sowohl bei den Frauen wie auch bei den Männern durch schlechtere Hörleistungen in den höheren Frequenzen vertreten. Dies ist aufgrund der in 2.4 beschriebenen altersabhängigen Kriterien zulässig.

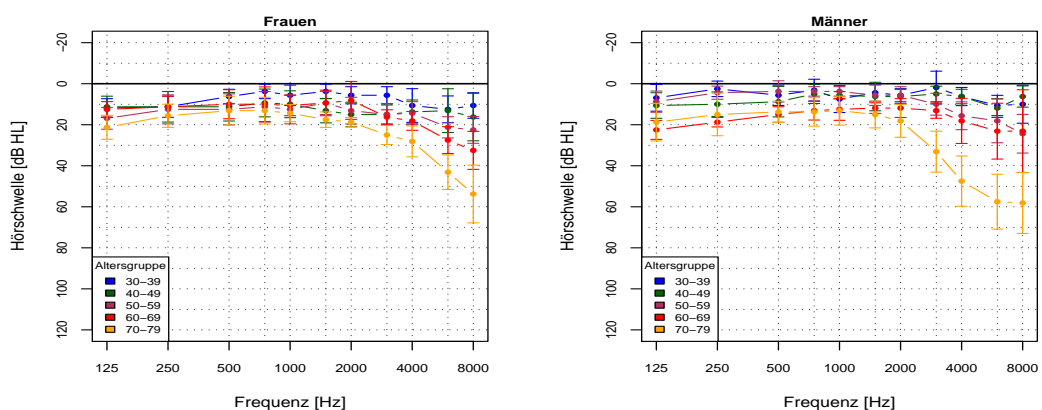


Abbildung 3.1: Mittelwert der Hörschwellen nach Altersgruppen

3.1.1 PTA

Ein unbeeinflussbarer Faktor der Untersuchung ist die individuelle Hörleistung der Probanden. Um das Kriterium ‚Normalhörigkeit‘ bei den Probanden zu attestieren, bedarf es einer geeigneten Selektion. Die Selektion der Probanden ist in 2.3 beschrieben und sorgt für eine Standardisierung der Probandenhörleistung. Die Unterschiede der Altersgruppen und Geschlechter in der Reintonaudiometrie werden in den Abbildungen 7.2 bis 7.11 gezeigt.

Da jeder Proband bzw. generalisiert jede Kohorte (bestehend aus Geschlecht und Altersgruppe) als ein Faktor bzw. eine Variable anzusehen ist, wurde der PTA als geeignete Größe für die Auswertung hinzugezogen. Der PTA, im angloamerikanischen als ‚pure tone average‘ bezeichnet, ist ein Wert, der die Hörleistung in der Einheit dB angibt. Er besteht aus den Mittelwerten der Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz. Diese Frequenzen sind für die Sprachaudiometrie entscheidend, da sie den Hauptsprachbereich abdecken (vgl. (Dillier et al., 2001; Roth et al., 2011)). Tabelle 3.1 zeigt die einzelnen PTA-Werte altersgruppen- und geschlechtsspezifisch aufgeteilt. Hier zeigt sich eine altersabhängige Zunahme des PTA über die einzelnen Dekaden. Besonders die älteste Dekade mit den 70-79-Jährigen weist eine deutliche Abnahme der Hörleistung von 7,9 dB zur vorherigen Dekade auf.

Tabelle 3.1: PTA (dB Hörleistung) nach Altersgruppen und Geschlecht, jeweils Mittelwert und Standardabweichung

Altersgruppe	Frauen	Männer	gesamt
30-39	7,0 ± 2,6	6,3 ± 3,1	6,6 ± 2,7
40-49	12,5 ± 6,3	6,7 ± 1,6	9,6 ± 5,2
50-59	13,1 ± 3,9	7,2 ± 1,7	10,2 ± 4,2
60-69	11,7 ± 4,9	14,4 ± 3,9	13,0 ± 4,3
70-79	18,6 ± 2,4	23,1 ± 2,7	20,9 ± 3,4

Zur weiteren Fragestellung, ob das Geschlecht und die Altersgruppe einen Einfluss auf den PTA haben, wurde eine mehrfaktorielle univariante Varianzanalyse durchgeführt (vgl. Tabelle 3.2). Hierbei zeigt sich, dass die Altersgruppe einen hochsignifikanten Einfluss ($p < 0,001$) auf den PTA hat und etwa 62 % der Varianz ausmacht. Die Hörleistung der verschiedenen Geschlechter weist keine signifikanten Unterschiede auf, nur die Interaktion aus Altersgruppe und Geschlecht ergibt einen signifikanten Einfluss ($p =$

0,0178) und macht 12% der Varianz aus.

Tabelle 3.2: Anova: Einfluss von Altersgruppe und Geschlecht sowie deren Interaktion auf den PTA

Faktor	df	QS	F	p	η^2
Altersgruppe (A)	4	939,2	18,18	< 0,001	0,6177
Geschlecht (S)	1	11,29	0,87	0,3573	0,0074
A × S	4	182,5	3,53	0,0178	0,12
Residuen	30	387,5			

Prüfung der Testvoraussetzungen:

Normalverteilung (p_{\min} aller Shapiro-Wilk-Tests): $p \geq 0,1229$

Varianzhomogenität (Levene-Test): $p = 0,127$

Welche Altersgruppen signifikanten Einfluss auf den PTA haben, wurde anhand einer Post-hoc-Analyse untersucht (s. Tab. 3.3 & 3.4). Dabei ergab sich im Tukey-Test eine hohe Signifikanz bei den zwei ältesten Dekaden der Männer zu den anderen Altersgruppen. Besonders die Altersgruppe 70-79 hatte wesentlichen Einfluss auf den PTA mit einem $p < 0,0001$ im Vergleich zu den Altersgruppen 30-59. Bei den Frauen (3.4) wurde lediglich eine Signifikanz bei der ältesten Dekade zur jüngsten Dekade mit einem $p = 0,123$ festgestellt.

Tabelle 3.3: Tukey-Test: Einfluss der Altersgruppen auf den PTA bei Männern

Altersgruppe	40-49	50-59	60-69	70-79
30-39	0,9992	0,9878	0,0061	< 0,0001
40-49		0,9992	0,0097	< 0,0001
50-59			0,0156	< 0,0001
60-69				0,0033

Tabelle 3.4: Tukey-Test: Einfluss der Altersgruppen auf den PTA bei Frauen

Altersgruppe	40-49	50-59	60-69	70-79
30-39	0,4045	0,3055	0,5483	0,0123
40-49		0,9995	0,9989	0,3055
50-59			0,9894	0,4045
60-69				0,2069

3.2 Sprachverständnis und Einflussfaktoren

Das Sprachverständnis der Probanden wird bei dem Oldenburger Satztest über die Sprachverständlichkeitsschwelle, im Angloamerikanischen als ‚speech reception threshold‘ (SRT) bezeichnet, ermittelt. Der SRT ist das Sprachlevel, bei dem 50 Prozent der Wörter in Abhängigkeit zum Störgeräusch (fest bei 65 dB kalibriert) verstanden werden. Angegeben wird der SRT in dB Hörleistung (vgl. 2.7). Der SNR-Wert ist die ‚signal to noise ratio‘ und berechnet sich nach jedem dargebotenen Testsatz neu.

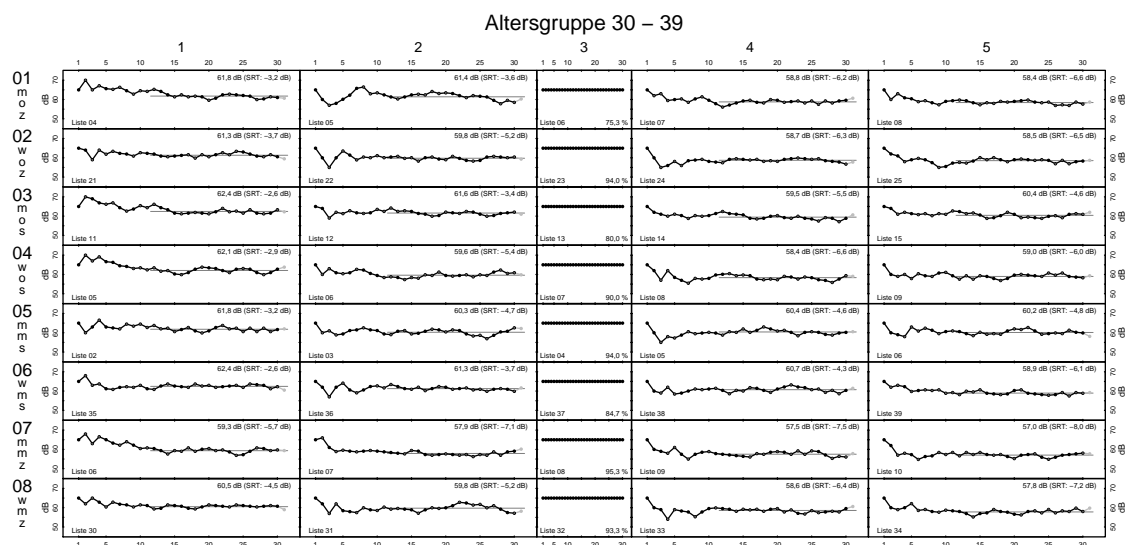


Abbildung 3.2: SRT-Resultate der Altersgruppe 30-39 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

Das Sprachverständnis ist ein wichtiger Ergebnisbestandteil dieser Dissertation. Aus den in 2.8 beschriebenen Rohdatentabellen wurden zunächst Übersichtsgrafiken erstellt. In der Abbildung 3.2 folgt ein Beispiel für die insgesamt fünf erstellten Grafiken (7.12 bis 7.15) der jeweiligen Altersgruppen. Abbildung 3.2 zeigt alle SRT-Resultate

während der fünf Testläufe bei den 30-39-jährigen Probanden. Die auf der Abszisse angegebenen Ziffern kennzeichnen den Testlauf. Die kleineren Ziffern eins bis dreißig darunter markieren den jeweiligen Satz eines Testlaufs. Auf der Ordinate sind die SNR-Werte der Probanden angegeben sowie die Probanden-ID und die Zugehörigkeit zu den einzelnen Gruppen (Geschlecht, Leserichtung und Karte). Die Testläufe eins, zwei, vier und fünf lieferten bei der Durchführung einen SRT-Wert, der bei jedem Probanden mit angegeben ist. Dieser errechnet sich aus den letzten zwanzig SNR-Werten, deren Bereich durch die eingefügte Linie sichtbar ist. Lediglich der dritte Testlauf liefert keinen SRT, da der Sprach- und Störgeräuschpegel auf einem konstanten Niveau verweilt und lediglich ein prozentualer Wert der richtig wiedergegebenen Wörter errechnet und dargestellt wird.

Um die Gewichtung der Einflussfaktoren in der Untersuchung besser ausfindig zu machen, wurden weitere Übersichtsgrafiken erstellt. Die folgende Abbildung 3.3 zeigt anschaulich alle auf die Sprachverständlichkeit Bezug nehmenden Einflussfaktoren.

Dabei ist die Grafik aus zwei Komponenten zusammengesetzt. Zum einen werden im oberen Teil der Abbildung alle SRT-Werte der Probanden mit dazugehöriger Gruppeneinordnung abgebildet. Der untere Teil der Abbildung zeigt die Mittelwerte der vertikal darüberstehenden acht Probanden einer Altersgruppe und ermöglicht einen groben Vergleich der Altersgruppen.

Die Abszisse bildet dabei übergeordnet die Altersgruppen und untergeordnet die Testläufe ab. Die Ordinate zeigt den SRT-Wert und die Einflussfaktoren Geschlecht (**w**eiblich oder **m**ännlich), Leserichtung (**s**paltenweise oder **z**eilenweise) und Karte (**m**it oder **o**hne).

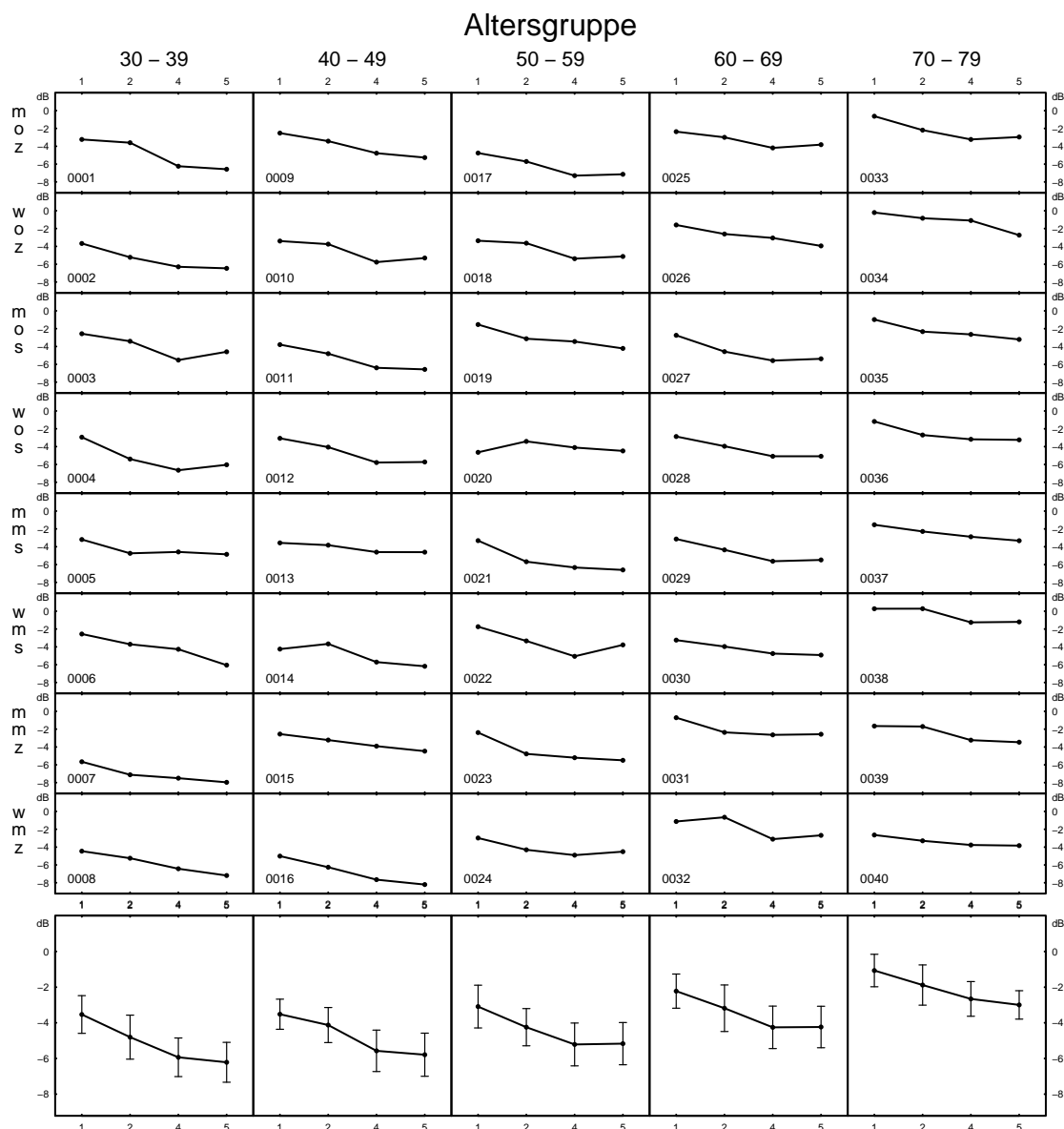


Abbildung 3.3: Resultate des SRT und die Einflussfaktoren (Altersgruppe, Testlauf, Geschlecht, Leserichtung und Karte)

Entgegen der Vielzahl an Sprachverständlichkeitsverläufen der Probanden im oberen Teil der Abbildung zeigt die Zusammenschau der Verläufe, aufgeteilt in Altersgruppen, einige Tendenzen. So wird deutlich, dass die Mittelwertgraphen der Altersgruppen einen ähnlichen Kurvenverlauf verzeichnen. Die Sprachverständlichkeit bzw. der SRT der Testläufe eins, zwei und vier werden linear besser, mit einem zum fünften Testlauf abflachenden Verlauf. Die Mittelwertgraphen der Altersgruppen untereinander verlaufen mit abfallender Sprachverständlichkeit zur steigenden Altersgruppe. So wird der erste Testlauf der Altersgruppe 30-39 bei einem SRT-Wert von -3,5 dB beendet, wäh-

rend die älteste Altersgruppe 70-79 den ersten Testlauf bei -2,0 dB beendet. Dementsprechend liegen auch die Zielwerte nach Beendigung des fünften Testlaufs bei den 30-39-Jährigen bei -6,0 dB und bei den 70-79-Jährigen bei -3,0 dB.

Vor der weiteren Untersuchung der einzelnen Einflussfaktoren wurde anhand einer mehrfaktoriellen univariaten Varianzanalyse (Anova) der Einfluss der Faktoren auf die Sprachverständlichkeit berechnet (3.5). Dabei stellt die Sprachverständlichkeitsschwelle die Zielvariable dar und die Einflussvariablen bzw. Faktoren sind Altersgruppe, Geschlecht, Testlauf, Karte und Leserichtung. Dabei zeigte sich, dass die Faktoren Altersgruppe und Testlauf mit p-Werten $< 0,001$ signifikant die Sprachverständlichkeit beeinflussen.

Tabelle 3.5: Anova: Einfluss der Faktoren Geschlecht, Altersgruppe, Testlauf, Karte und Leserichtung auf den SRT

Faktor	df	QS	F	p	η^2
Geschlecht (S)	1	0,51	0,45	0,5052	0,0011
Altersgruppe (A)	4	182,5	39,89	$< 0,001$	0,3801
Testlauf (R)	3	126,1	36,76	$< 0,001$	0,2627
Karte (C)	1	0,06	0,05	0,8195	0,0001
Leserichtung (D)	1	0,47	0,41	0,5216	0,001
Residuen	149	170,4			

Um die in 3.2 signifikanten Faktoren genauer zu betrachten, wurde, wie in Tabelle 3.6 ersichtlich, eine Anova mit dem SRT als Zielvariable und den beiden beeinflussenden Faktoren und deren Interaktion durchgeführt. Dabei zeigte sich wiederum eine hochsignifikante Beeinflussung der Sprachverständlichkeit ($p < 0,001$) durch diese beiden Faktoren. Die Varianz der Altersgruppe erklärt dabei etwa 38 % des SRT-Wertes und der Testlauf etwa 26 %. Die Interaktion der beiden Faktoren ergab keinen relevanten Einfluss. Die Testvoraussetzungen zur Durchführung der Anova auf Normalverteilung und Varianzhomogenität wurden über den Shapiro-Wilk- und den Levene-Test erfüllt.

Tabelle 3.6: Anova: Einfluss der Faktoren Altersgruppe, Testlauf und Interaktion auf den SRT

Faktor	df	QS	F	p	η^2
Altersgruppe (A)	4	182,5	38,01	< 0,001	0,3801
Testlauf (R)	3	126,1	35,02	< 0,001	0,2627
A × R	12	3,4	0,24	0,9962	0,0071
Residuen	140	168,1			

Prüfung der Testvoraussetzungen:Normalverteilung (p_{\min} aller Shapiro-Wilk-Tests): $p \geq 0,0329$ Varianzhomogenität (Levene-Test): $p = 0,9962$

Die Anova zeigte somit einen hochsignifikanten Einfluss der beiden Faktoren Altersgruppe und Testlauf auf die Sprachverständlichkeit. Um herauszufinden, wo Unterschiede liegen, werden in den jeweiligen Ergebniskapiteln die Faktoren weiter analysiert.

3.2.1 Altersverteilung

Die Altersverteilung und damit die Untersuchung der Altersunterschiede sind ein Kernpunkt dieser Dissertation. Daher werden die Altersverteilung und damit die Untergliederung in Altersgruppen sowohl rechnerisch wie auch grafisch untersucht. In der Abbildung 3.4 ist die Altersverteilung ohne Gliederung in Altersgruppen dargestellt. Die x-Koordinate markiert das Alter der Probanden zum Zeitpunkt der Testdurchführung. Die y-Koordinate gibt den SRT der Testläufe eins, zwei, vier und fünf an. Auf die Geschlechterverteilung wird im Kapitel 3.4.3 eingegangen. Unabhängig vom Geschlecht lässt sich der Einfluss des Alters an der Sprachverständlichkeit in den beiden Mittelwertkurven der Abbildung 3.4 erkennen. Mit fortschreitendem Alter verlieren die Probanden an Sprachverständlichkeit. Die jüngeren Probanden bis etwa 50 Jahre haben zunächst einen geringeren Verlust zu verzeichnen, während die Älteren (> 50 Jahre) mit steilerem Verlauf mehr an Sprachverständnis einbüßen.

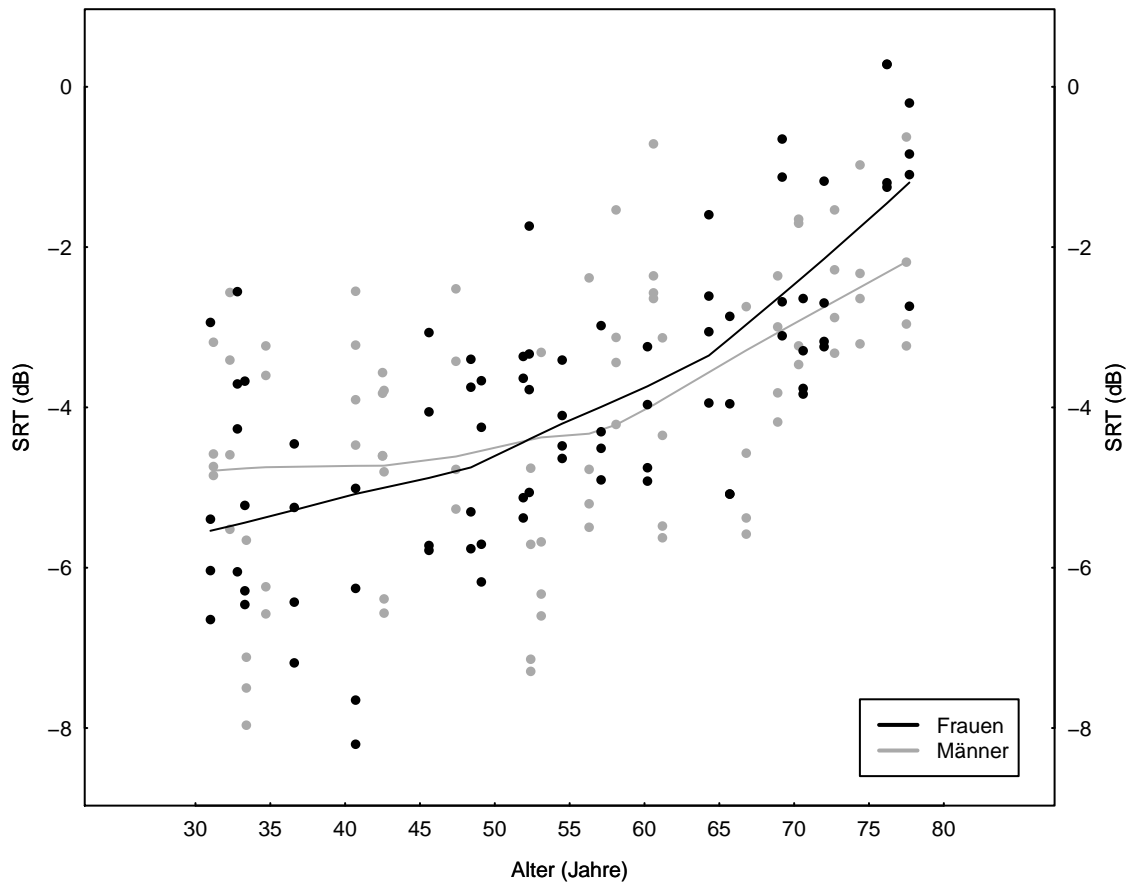


Abbildung 3.4: Scatterplot: SRT und Alter mit Geschlechterverteilung

In der Abbildung 3.4 werden die Probanden nach dem exakten Alter am Tag der Untersuchungsdurchführung dargestellt. In der weiteren Analyse werden jedoch die Probanden in Altersgruppen unterteilt. Eine Unterscheidung exaktes Alter versus Einteilung in Altersgruppen geben die Abbildungen 3.4 und 3.5 in Bezug auf die Sprachverständlichkeit wieder. Bei beiden Abbildungen zeigen sich ähnliche Verläufe der geschlechtsspezifischen Kurven, jedoch liegt bei der Altersgruppeneinteilung die Kreuzung beider Kurven zwischen der 40. und 50. Dekade (3.5), während dies beim Scatterplot bei einem Alter von etwa 53 Jahren stattfindet (3.4).

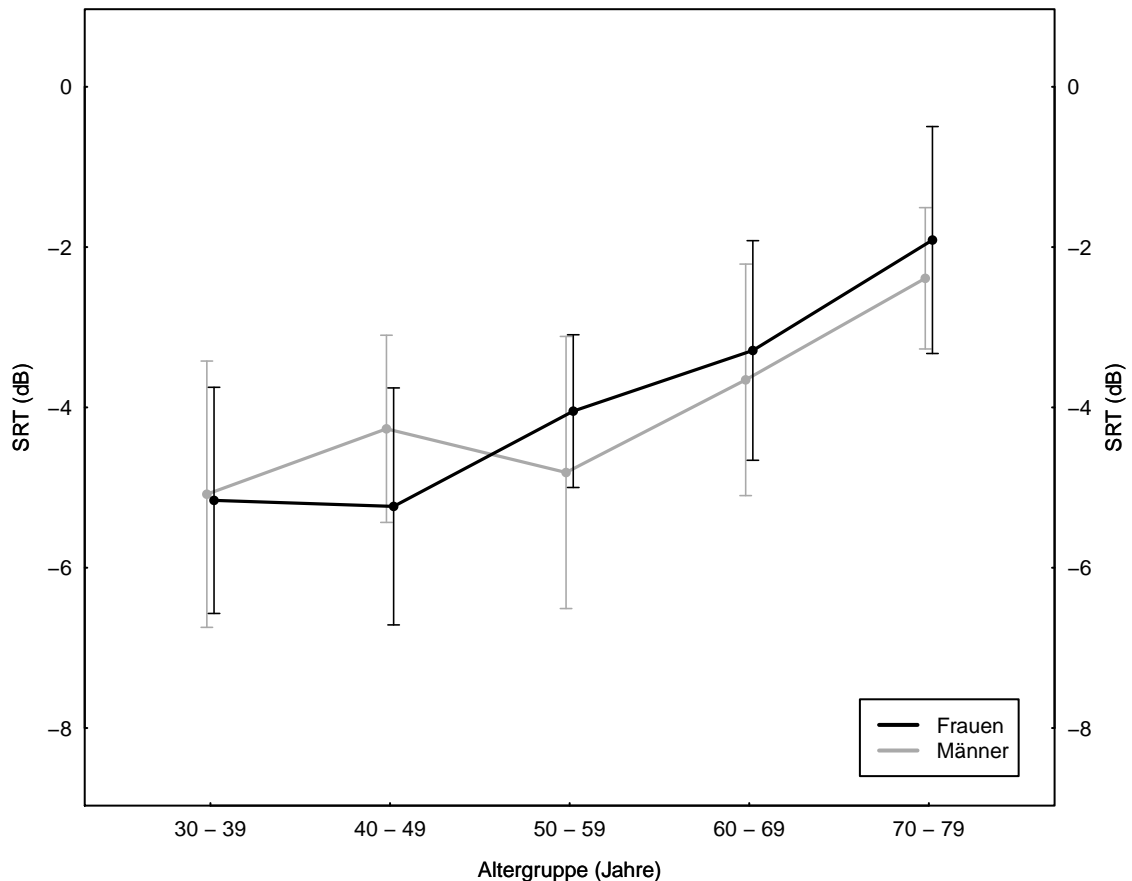


Abbildung 3.5: SRT und Altersgruppen mit Geschlechterverteilung

Um genauere Aussagen über die Altersgruppen treffen zu können, wurde dieser Faktor mittels Post-hoc-Analyse weiter untersucht. Zunächst wurden die Altersgruppen unterschiedlicher Testläufe mit dem Tukey-Test evaluiert. Die Tabellen 3.7, 3.8, 3.9 und 3.10 zeigen die Mittelwertvergleiche der Altersgruppen, geordnet nach den Testdurchläufen eins, zwei, vier und fünf.

Dabei sind über alle vier Testläufe die Altersgruppen 70-79 signifikant schlechter in der Sprachverständlichkeit im Vergleich zu den jüngsten drei Dekaden. Die größten Unterschiede mit einem $p < 0,0002$ über alle vier Testläufe weist die Altersgruppe 70-79 im Gegensatz zu der Altersgruppe 30-39 auf. Zudem unterschieden sich die Altersgruppen 40-49 und 50-59 signifikant von der ältesten Altersgruppe über die vier Testläufe. Die Altersgruppe 60-69 nimmt eine Mittelstellung ein und wird erst im vierten Testlauf mit einem $p = 0,0384$ (3.9) und im fünften Testlauf mit einem $p = 0,0085$ (3.10) im Vergleich zu der Altersgruppe 30-39 signifikant schlechter in der Sprachverständlichkeit.

Tabelle 3.7: Tukey-Test: Einfluss der Altersgruppen auf den SRT im ersten Testdurchlauf

Altersgruppe	40-49	50-59	60-69	70-79
30-39	0,9999	0,8997	0,0888	0,0002
40-49		0,9101	0,0945	0,0002
50-59			0,4292	0,0024
60-69				0,1670

Tabelle 3.8: Tukey-Test: Einfluss der Altersgruppen auf den SRT im zweiten Testdurchlauf

Altersgruppe	40-49	50-59	60-69	70-79
30-39	0,7591	0,8645	0,0550	0,0001
40-49		0,9995	0,4786	0,0034
50-59			0,3581	0,0019
60-69				0,1782

Tabelle 3.9: Tukey-Test: Einfluss der Altersgruppen auf den SRT im vierten Testdurchlauf

Altersgruppe	40-49	50-59	60-69	70-79
30-39	0,9666	0,7046	0,0384	$< 1,0 \times 10^{-4}$
40-49		0,9681	0,1556	$< 1,0 \times 10^{-4}$
50-59			0,4429	0,0006
60-69				0,0550

Tabelle 3.10: Tukey-Test: Einfluss der Altersgruppen auf den SRT im fünften Testdurchlauf

Altersgruppe	40-49	50-59	60-69	70-79
30-39	0,9378	0,3394	0,0085	$< 1,0 \times 10^{-4}$
40-49		0,7925	0,0574	0,0001
50-59			0,4529	0,0033
60-69				0,1883

3.2.2 Testlauf

Die Untersuchung der einzelnen Testläufe und der Verlauf der Sprachverständlichkeit in Bezug auf die Testläufe werden im Folgenden dargestellt. Die Haupteckennis wird

aus den Testläufen eins, zwei, vier und fünf gezogen. Der dritte Testlauf diente hauptsächlich dem Lernprozess der Probanden mit dem OISa. Die folgende Abbildung 3.6 zeigt eindrücklich den ähnlichen Verlauf der Kurven der einzelnen Altersgruppen und die Verschlechterung der Sprachverständlichkeitsschwelle bei steigendem Gruppenalter.

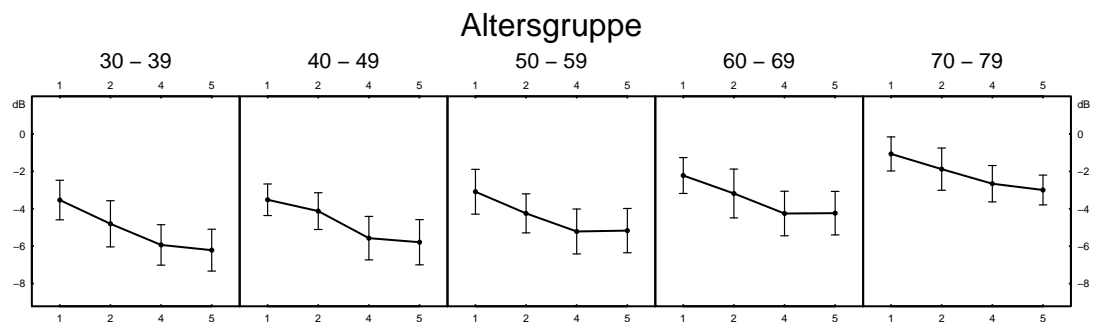


Abbildung 3.6: SRT in Abhängigkeit zu den Testläufen und in Altersgruppenuntergliederung

Bei der Durchführung der Anova zur Sprachverständlichkeit (3.6) wurde bereits der Faktor Testlauf als signifikant detektiert. Um die Testläufe weiter zu analysieren, wurde der Tukey-Test auf die Testläufe angewendet. Dabei bilden die Tabellen 3.11, 3.12, 3.13, 3.14 und 3.15 jeweils eine Altersgruppe ab, angefangen mit der Altersgruppe 30-39 (3.11) bis schließlich zur ältesten Altersgruppe 70-79 (3.15). Signifikante Unterschiede ergeben sich für alle Altersgruppen in dem Testlauf eins im Gegensatz zu den Testläufen vier und fünf. Beispielsweise weist die Altersgruppe 50-59 im ersten Testlauf im Vergleich zu dem vierten ($p = 0,0053$) und fünften ($p = 0,0065$) Testlauf einen signifikanten Unterschied auf. In der Altersgruppe 40-49 gibt es nur einen korrelierenden Unterschied zweier Testläufe. Bei einem Signifikanzniveau von 1,94 % weisen der zweite und fünfte Testlauf Korrelationen auf. Alle weiteren Vergleiche von Testläufen zeigen keine Signifikanzen.

Tabelle 3.11: Tukey-Test: Einfluss der Testläufe eins, zwei, vier und fünf auf den SRT in der Altersgruppe 30-39

Testlauf	2	4	5
1	0,1322	0,0011	0,0003
2		0,2095	0,0809
4			0,9588

Tabelle 3.12: Tukey-Test: Einfluss der Testläufe eins, zwei, vier und fünf auf den SRT in der Altersgruppe 40-49

Testlauf	2	4	5
1	0,6653	0,0031	0,0011
2		0,0500	0,0194
4			0,9761

Tabelle 3.13: Tukey-Test: Einfluss der Testläufe eins, zwei, vier und fünf auf den SRT in der Altersgruppe 50-59

Testlauf	2	4	5
1	0,2129	0,0053	0,0065
2		0,3578	0,3994
4			0,9998

Tabelle 3.14: Tukey-Test: Einfluss der Testläufe eins, zwei, vier und fünf auf den SRT in der Altersgruppe 60-69

Testlauf	2	4	5
1	0,3669	0,0082	0,0088
2		0,2747	0,2891
4			0,9999

Tabelle 3.15: Tukey-Test: Einfluss der Testläufe eins, zwei, vier und fünf auf den SRT in der Altersgruppe 70-79

Testlauf	2	4	5
1	0,3439	0,0126	0,0021
2		0,3828	0,1166
4			0,8956

3.2.3 Geschlecht

Die Testung der Probanden wurde mit derselben Anzahl von jeweils 20 Männern und Frauen durchgeführt, sodass der Einflussfaktor Geschlecht anhand der 40 Probanden analysiert werden kann. Dabei zeigte sich in der Anova (3.5) kein Einfluss des Geschlechts auf die Sprachverständlichkeit. Diese Aussage bestätigt die folgende Abbildung 3.7, bei der die Testläufe in Bezug auf die Sprachverständlichkeit mit Geschlechterverteilung dargestellt sind.

Hierbei zeigt sich ein synchrones Kurvenverhalten der Geschlechter über die Testdurchläufe bei annähernd gleicher Sprachverständlichkeit. Sowohl die Frauen wie auch die Männer zeigen eine nahezu lineare Verbesserung von dem ersten Testlauf, über den zweiten Testlauf bis hin zu dem vierten Testlauf. Vom vierten Testlauf zum fünften Testlauf tritt bei beiden Geschlechtern eine vom linearen Verlauf abflachende Verbesserung ein.

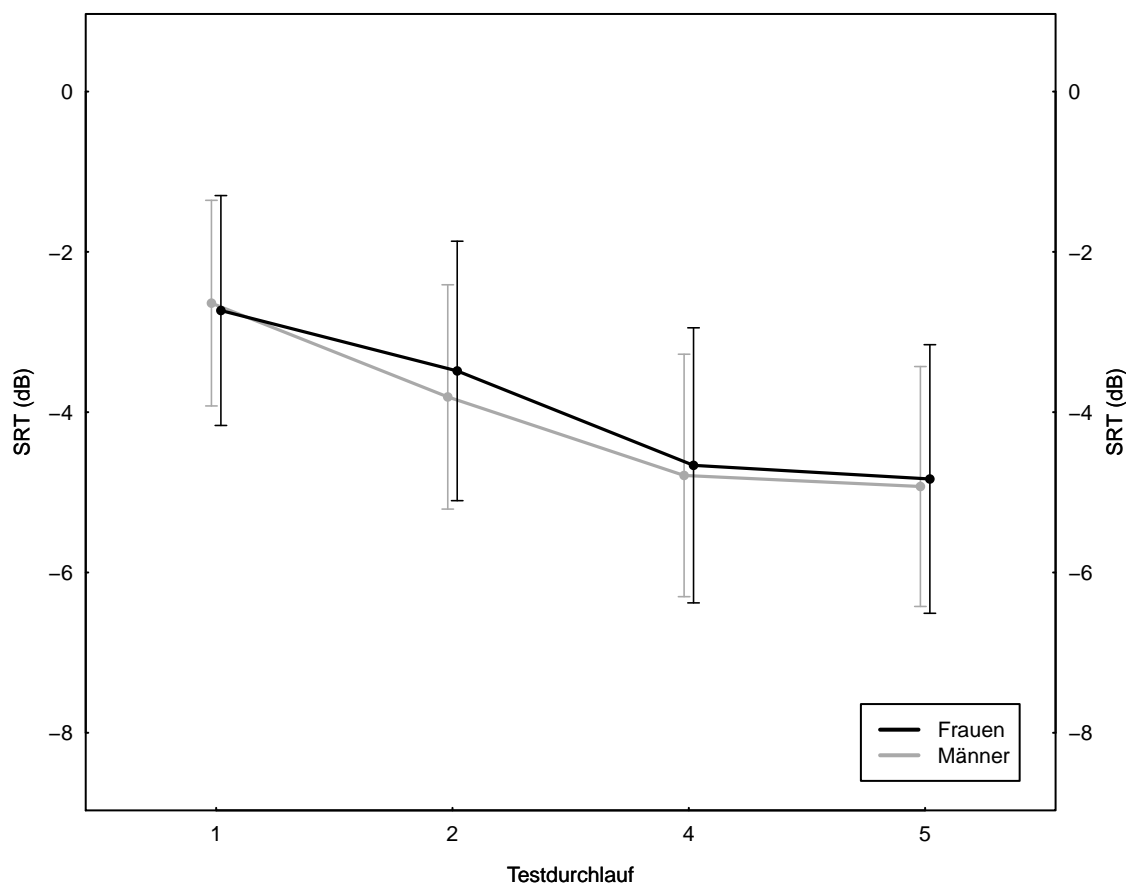


Abbildung 3.7: SRT und Testdurchläufe mit Geschlechterverteilung

In den Abbildungen 3.4 und 3.7 ist das Alter bzw. die Altersgruppe in Bezug auf die Sprachverständlichkeit mit Aufteilung in die beiden Geschlechter dargestellt. Dabei zeigt sich in den jungen Altersgruppen ein kleiner Vorteil der Frauen gegenüber den Männern. Im Verlauf kommt es dann zu einer Umkehr der Verhältnisse mit einem kleinen Vorteil der Männer in fortgeschrittenem Alter bzw. fortgeschrittener Altersgruppe im Vergleich zu den Frauen. Der Verlauf der Geschlechterkurven in Bezug auf das Alter verläuft ähnlich mit einem Sprachverständlichkeitsverlust zum höheren Alter hin.

3.2.4 Vorlagendarbietung

Die Darbietung der Vorlage bzw. der Basisliste des Oldenburger Satztests (2.2) zeigte in der Anova (3.5) keinen Einfluss auf die Sprachverständlichkeit. Zur Analyse und Bestätigung wurde die Sprachverständlichkeit in Bezug auf die Testdurchläufe und die Altersgruppe mit Untergliederung nach der Darbietungsform (gekennzeichnet als mit oder ohne Vorlage) grafisch dargestellt. In Bezug auf die Testläufe (Abb. 3.8) zeigt sich keine Korrelation zwischen der Vorlagendarbietung und der Sprachverständlichkeit. In der Abbildung 7.16 hingegen zeigen sich leichte Tendenzen. Die beiden jüngsten Altersgruppen 30-39 und 40-49 weisen mit Vorlage ein bessere Sprachverständlichkeit auf im Vergleich zu denen ohne Vorlage. Die Altersgruppen 50-59 und 70-79 nehmen eine Mittelstellung mit ausgeglichener Verteilung ein, während die Altersgruppe 60-69 ohne Vorlage eine bessere Sprachverständlichkeit aufweist als die Gruppe ohne Vorlage.

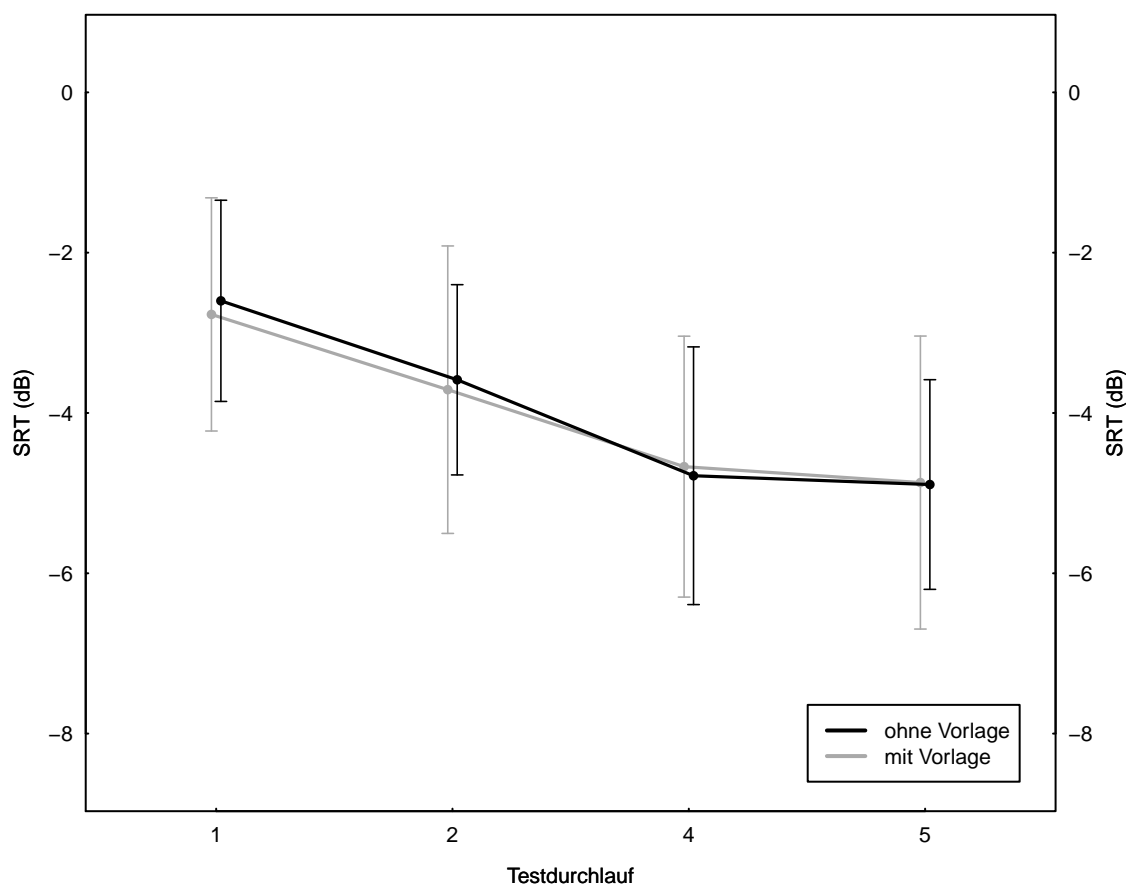


Abbildung 3.8: SRT und Testdurchläufe mit Vorlagendarbietung

3.2.5 Leserichtung

In 2.7.3 ist die verschiedenartige Durchführung der Leserichtung beschrieben. Subjektiv fiel dem Autor bereits bei der Durchführung auf, dass die Vorgabe, ob die Vorlage spalten- oder zeilenweise gelesen wird, keine Auswirkungen zeigt. In der Anova 3.5 ergab sich ebenfalls kein Einfluss auf die Sprachverständlichkeit, sodass keine weitere Analytik bezüglich der Leserichtung durchgeführt wurde.

3.3 Sprachverständlichkeitsbestimmung

Die Bestimmung der mittleren Sprachverständlichkeit ist das Ziel bei der Durchführung mit dem Oldenburger Satztest. Dazu dient der SRT, die Sprachverständlichkeitsschwelle, bei der 50 Prozent der Wörter richtig verstanden werden. Um diese Schwelle möglichst ökonomisch ausfindig zu machen, wurde folgende Analytik betrieben:

Grafisch wurde der Bereich, der zur Bestimmung des SRT-Mittelwertes benutzt wird, auf der X-Achse und der Z-Achse dargestellt. Die X-Achse gibt dabei den Startpunkt der Berechnung an, die Z-Achse den Endpunkt. So werden alle SRT-Mittelwerte grafisch dargestellt, die aus der Berechnung hervorgehen können. Wird beispielsweise der Bereich eines Testlaufs maximal gewählt, so gehen die SRT-Werte vom ersten bis zum einunddreißigsten Satztest in die Berechnung des SRT-Mittelwertes ein. In der Abbildung 3.9 wäre das der am weitesten rechts koordinierte SRT-Mittelwert. Abbildung 3.9 zeigt dabei die Datenmenge aus allen Altersgruppen über die Testläufe eins, zwei, vier und fünf. Um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Altersgruppen zu erhalten, sind die Altersgruppen einzeln berechnet worden (vgl. 7.17, 7.18, 7.19, 7.20 & 7.21). Diese zeigen ein ähnliches dreidimensionales Bild mit einer unterschiedlichen Lokalisation auf der Y-Achse. Der 3-D-Plot der 30-39-Jährigen ist auf der Y-Achse deutlich niedriger als beispielsweise die Altersgruppe 70-79. Dies liegt an der durchschnittlich deutlich besseren mittleren Sprachverständlichkeit.

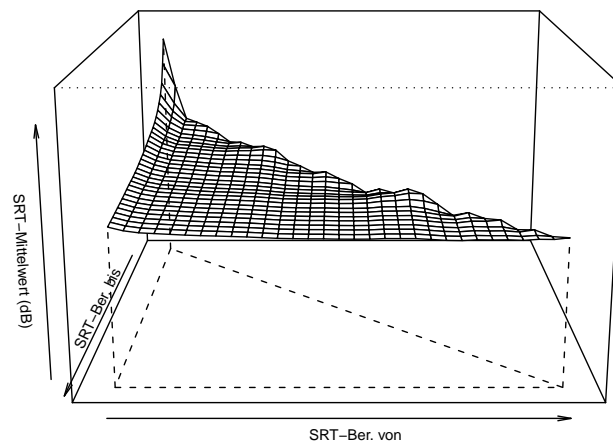


Abbildung 3.9: 3-D-Plot mit den SRT-Mittelwerten der Testläufe 1,2,4 und 5 aller Altersgruppen

Um jedoch den optimalen Bereich der mittleren Sprachverständlichkeit zu bestimmen, sollte der SRT-Standardfehler möglichst klein sein. Daher ist die Abbildung 3.10 ähnlich zu werten wie Abbildung 3.9. Einzig an der Y-Achse wurde der SRT-Mittelwert durch den SRT-Standardfehler ersetzt und eine farbliche Anpassung vorgenommen. Ähnlich der Darstellung bei geografischen Karten ist der am intensivsten grün markierte Bereich der mit dem niedrigsten SRT-Standardfehler. In Abbildung 3.10 zeigt sich der niedrigste SRT-Standardfehler bei der Messung ab dem achten bis zum einunddreißigsten SRT-Wert. Der rote Kreis gibt die Vorgabe des Oldenburger Satztests zur Errechnung des SRT-Mittelwertes an ([Handbuch](#)). Die Datenmenge, die für die Abbildung 3.10 genutzt wurde, entspricht allen Altersgruppen aus den Testläufen eins, zwei, vier und fünf. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Altersgruppen zu erlangen und mögliche Unterschiede zu erkennen, sind die SRT-Standardfehler, die sich aus den einzelnen Altersgruppen ergeben, im Anhang zu finden ([7.22](#), [7.23](#), [7.24](#), [7.25](#) & [7.26](#)). Dabei zeigt sich, dass in allen fünf Altersgruppen der SRT-Standardfehler etwa ab dem achten Satztest am niedrigsten ist.

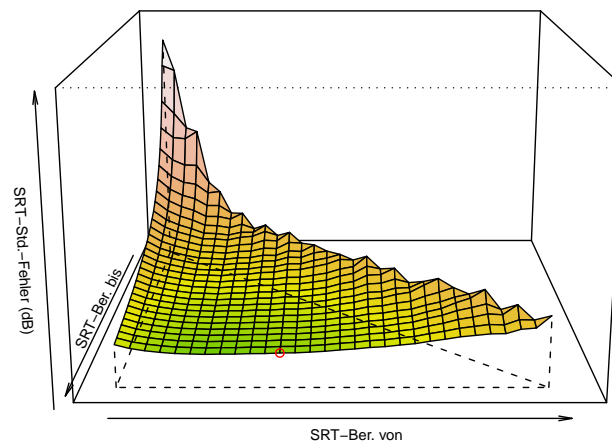


Abbildung 3.10: 3D-Plot mit dem SRT-Standardfehler der Testläufe 1,2,4 und 5 aller Altersgruppen

3.4 Antwortzeit und Einflussfaktoren

Die Antwortzeit der Probanden und mögliche Erkenntnisse in Bezug auf die Einflussfaktoren werden im Folgendem beschrieben. Die ‚reaction time‘ (RTS) ist die Zeit zwischen der Beendigung des letzten Tonsignals der lost-Software bis hin zum ersten Antwortklick des Untersuchers, unmittelbar nach der Probandenantwort. Dabei bleibt unberücksichtigt, ob der Proband ein oder mehrere Wörter wiedergibt. Entscheidend für den RTS ist einzig das zuerst ausgesprochene Wort des Probanden. Bei Nichtverstehen eines Satzes bzw. der Wortbegriffe wird die Zeit gewertet, bis der Proband dem Untersucher ein ‚Nicht-Verstehen‘ verständlich macht.

Analog zur Auswertung der Sprachverständlichkeit wurden zunächst Übersichtsgrafiken erstellt. Abbildung 3.11 zeigt den zeitlichen Verlauf der Altersgruppe 30-39 über die fünf Testläufe in Abhängigkeit zur Sprachverständlichkeitsschwelle. Im Anhang (7.27, 7.28, 7.29 und 7.30) finden sich die Übersichtsgrafiken der weiteren Altersgruppen. Die auf der Abszisse angegebenen Ziffern kennzeichnen den Testlauf. Die kleineren Ziffern darunter geben die summierte Antwortzeit während eines Testlaufs an. So benötigt der Proband 03 im fünften Testlauf mit etwa 500 Sekunden deutlich länger im Vergleich zum Probanden 04 mit 260 Sekunden bei der Durchführung des OISa.

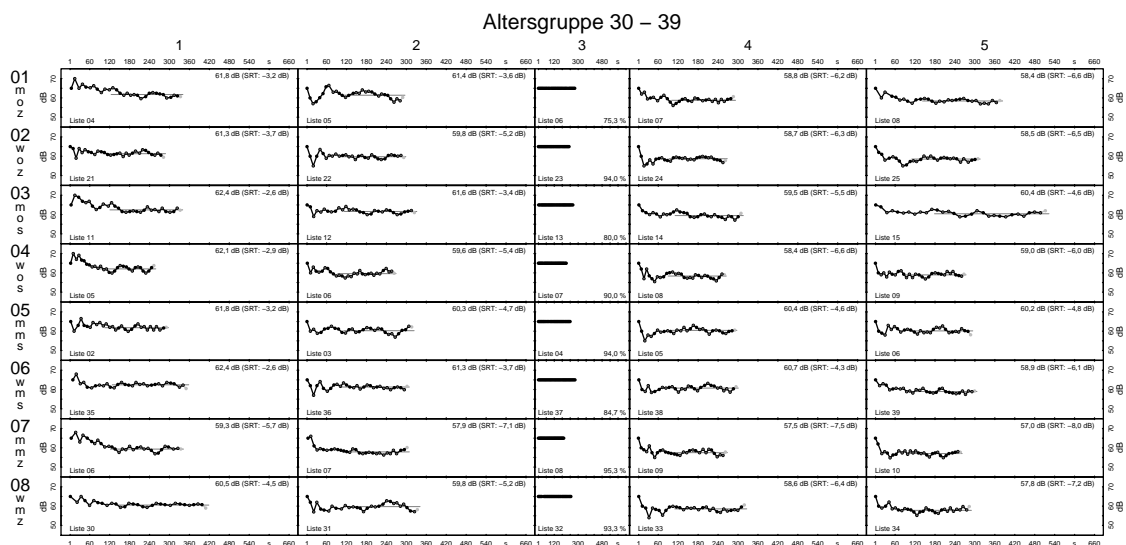


Abbildung 3.11: RTS-Resultate der Altersgruppe 30-39 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

Ähnlich wie bei den Ergebnissen zur Sprachverständlichkeit wird durch die Übersichtsgrafiken eine Vergleichbarkeit der Altersgruppen und der einzelnen Einflussfaktoren schwierig, sodass eine Übersichtsgrafik erstellt wurde, die diese Zusammenhänge besser analysieren lässt. Dabei zeigt Abbildung 3.12 eine bessere Vergleichbarkeit der Altersgruppen untereinander. Die unterste Tabellenzeile stellt eine Zusammenschau, der über ihr angeordneten Probanden einer Altersgruppe dar. Hierbei zeigt sich über alle Altersgruppen ein Minimum der Antwortzeit im dritten Testlauf. Auffallend einheitlich sind die Verläufe des RTS bei allen Altersgruppen. Zunächst wird der erste Testlauf aller Gruppen mit einer langen Antwortzeit bestritten. Der zweite Testlauf zeigt eine schnellere Antwortzeit, um schließlich im dritten Testlauf den mit Abstand geringsten RTS vorzuweisen. Der vierte und fünfte Testlauf werden durch die Probanden in annähernd spiegelbildlicher Art und Weise zu den ersten beiden Testläufen bestritten. Sowohl der vierte Testlauf zeigt eine Verlängerung des RTS im Vergleich zum dritten wie auch der fünfte mit einem noch weiter steigenden RTS.

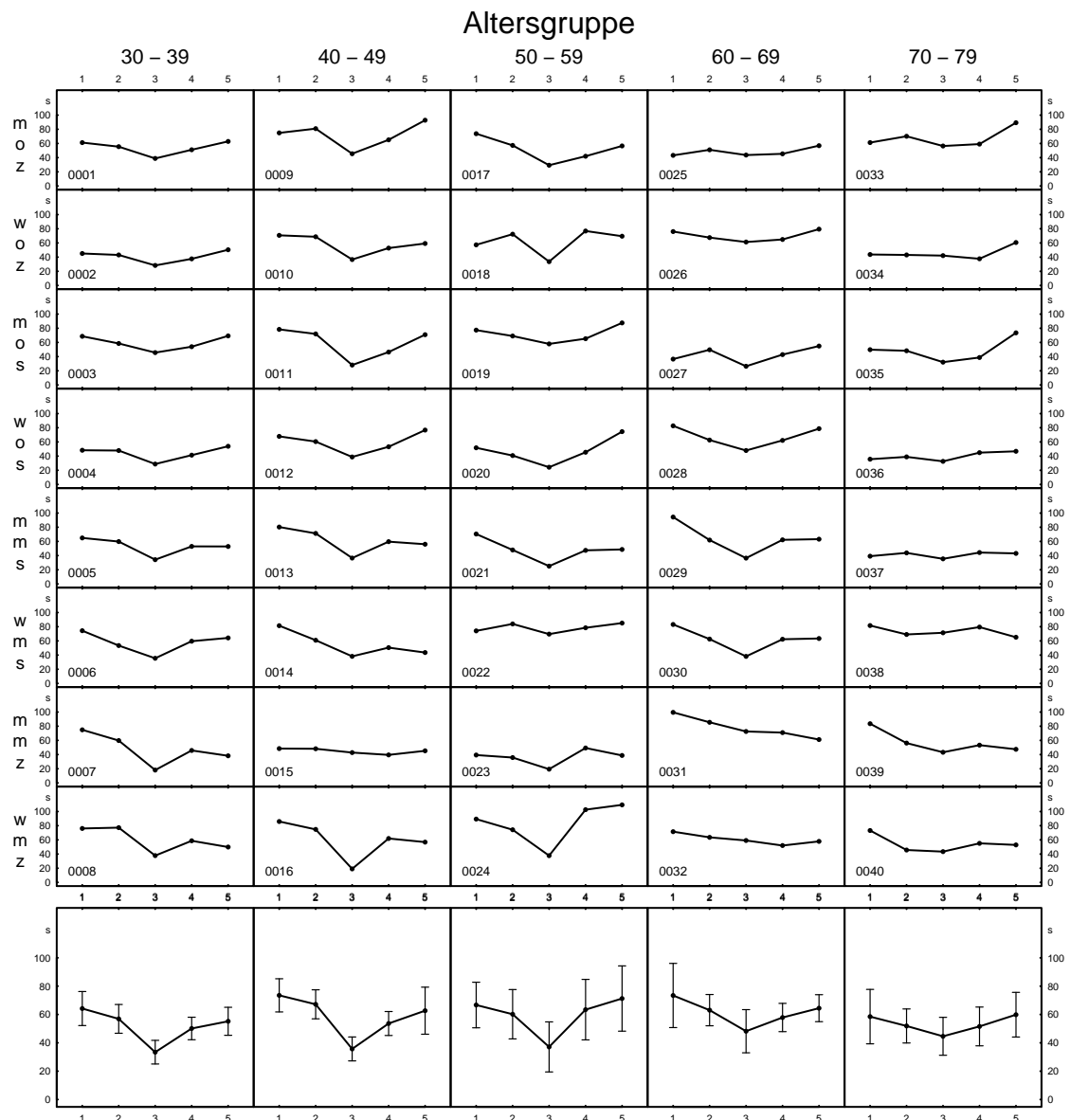


Abbildung 3.12: Resultate des RTS und die Einflussfaktoren (Altersgruppe, Testlauf, Geschlecht, Leserichtung und Karte)

Anschließend wurde die Zielvariable ‚reaction time‘ einer mehrfaktoriellen univariaten Varianzanalyse (Anova) unterzogen, um so Zusammenhänge der Einflussfaktoren rechnerisch darzustellen (3.16). Analog zum Sprachverständnis sind die Faktoren Geschlecht, Altersgruppe, Testlauf, Karte und Leserichtung vertreten. Beeinflussende Faktoren auf den RTS ergab sich bei der Altersgruppe ($p = 0,0107$) und dem Testlauf ($p < 0,001$). Diese beiden Faktoren zeigen eine Gesamtvarianz von etwa 34 Prozent auf die Antwortzeit. Das Geschlecht war mit einem p -Wert von 0,0702 ebenso kein signifikanter Faktor wie die Faktoren Leserichtung und Karte.

Tabelle 3.16: Anova mit der Zielvariablen RTS und den Faktoren Geschlecht, Altersgruppe, Testlauf, Karte und Leserichtung

Faktor	df	QS	F	p	η^2
Geschlecht (S)	1	669,71	3,32	0,0702	0,0112
Altersgruppe (A)	4	2732,28	3,38	0,0107	0,0457
Testlauf (R)	4	17765,48	21,99	< 0,001	0,2974
Karte (C)	1	556,00	2,75	0,0988	0,0093
Leserichtung (D)	1	45,87	0,23	0,6342	0,0008
Residuen	188	37974,70			

Die Anova wurde im weiteren Verlauf, jedoch reduziert auf die beiden Faktoren Altersgruppe und Testlauf sowie deren Interaktion, wiederholt. Dabei zeigte sich wiederum eine signifikante Beeinflussung der beiden Faktoren auf den RTS, jedoch nicht auf deren Interaktion (vgl. Tabelle 7.1)

Eine genaue Analytik der einzelnen Einflussfaktoren wird in den folgenden Unterkapiteln durchgeführt.

3.4.1 Altersverteilung

Die Anova in Tabelle 3.16 zeigte, dass die Antwortzeit von der Altersgruppe beeinflusst wird. Genauere Erkenntnisse können jedoch erst aus einem Post-hoc-Test gewonnen werden. Daher wurden Tukey-Tests durchgeführt, die die Beeinflussung näher kategorisieren. Die Tabellen 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 und 7.6 zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung. Dabei zeigten sich bei keinem der Testläufe und zwischen keiner Altersgruppe signifikante Unterschiede.

3.4.2 Testlauf

Die Testläufe beeinflussen die Antwortzeit mit hoher Signifikanz, wie in der Tabelle 7.1 ersichtlich. Wo diese Beeinflussung innerhalb der Testläufe stattfindet, zeigen die folgenden Tabellen 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 und 3.21. Dabei ergab sich in der Altersgruppe 30-39 (3.17) signifikante Unterschiede zwischen den Testläufen eins, zwei, vier und fünf im Vergleich zu dem Testlauf drei. Bei der Altersgruppe 40-49 (3.18) fand sich ein ähnliches Bild wie in der Altersgruppe zuvor. Hinzu kommt mit einem p-Wert von 0,0118

ein signifikanter Unterschied zwischen dem ersten und vierten Testlauf. Bei den folgenden Altersgruppen rarefizieren sich signifikante Unterschiede zwischen den Testläufen. Während, wie in Tabelle 3.19 ersichtlich, der Testlauf drei mit den Testläufen eins und fünf korrelierende Unterschiede aufweist, ist in der Altersgruppe 60-69 (3.20) einzig der dritte mit dem ersten Testlauf ($p = 0,0115$) signifikant verschieden. In der Altersgruppe 70-79 ergaben sich zuletzt keine korrelierenden Ergebnisse mehr (vgl. 3.21).

Tabelle 3.17: Tukey-Test der Testläufe eins bis fünf hinsichtlich des RTS in der Altersgruppe 30-39

Testlauf	2	3	4	5
1	0,5734	$< 1,0 \times 10^{-4}$	0,0494	0,3667
2		0,0003	0,6400	0,9967
3			0,0129	0,0007
4				0,8360

Tabelle 3.18: Tukey-Test der Testläufe eins bis fünf hinsichtlich des RTS in der Altersgruppe 40-49

Testlauf	2	3	4	5
1	0,8041	$< 1,0 \times 10^{-4}$	0,0118	0,3444
2		$< 1,0 \times 10^{-4}$	0,1521	0,9342
3			0,0277	0,0004
4				0,5237

Tabelle 3.19: Tukey-Test der Testläufe eins bis fünf hinsichtlich des RTS in der Altersgruppe 50-59

Testlauf	2	3	4	5
1	0,9606	0,0318	0,9970	0,9892
2		0,1417	0,9971	0,7795
3			0,0700	0,0095
4				0,9248

Tabelle 3.20: Tukey-Test der Testläufe eins bis fünf hinsichtlich des RTS in der Altersgruppe 60-69

Testlauf	2	3	4	5
1	0,6169	0,0115	0,2269	0,7328
2		0,2666	0,9516	0,9997
3			0,6750	0,1904
4				0,8924

Tabelle 3.21: Tukey-Test der Testläufe eins bis fünf hinsichtlich des RTS in der Altersgruppe 70-79

Testlauf	2	3	4	5
1	0,9028	0,3624	0,8862	0,9997
2		0,8662	1,0000	0,8254
3			0,8843	0,2727
4				0,8033

3.4.3 Geschlecht

In der Anova 3.16 zeigte sich kein Einfluss des Geschlechts auf die Antwortzeit. Dennoch wurde dieser Einflussfaktor anhand von zwei Abbildungen analysiert. Dabei ergab sich in der Abbildung 3.13 ein ähnlicher Verlauf bei Männern und Frauen während der fünf Testläufe. Über alle Testläufe hinweg gaben die Männer eine minimal schnellere Antwort als die Frauen.

Ob zwischen den Altersgruppen Unterschiede vorhanden sind, konnte mit der Abbildung 3.14 dargestellt werden. Hierbei sind die Altersgruppen getrennt voneinander dargestellt. Wie in Abbildung 3.13 fand sich über alle Altersgruppen ein ähnlicher Verlauf der beiden Geschlechter. Lediglich in der Altersgruppe 50-59 hatten die Männer eine etwa zwanzig Sekunden schnellere Antwortzeit als die Frauen.

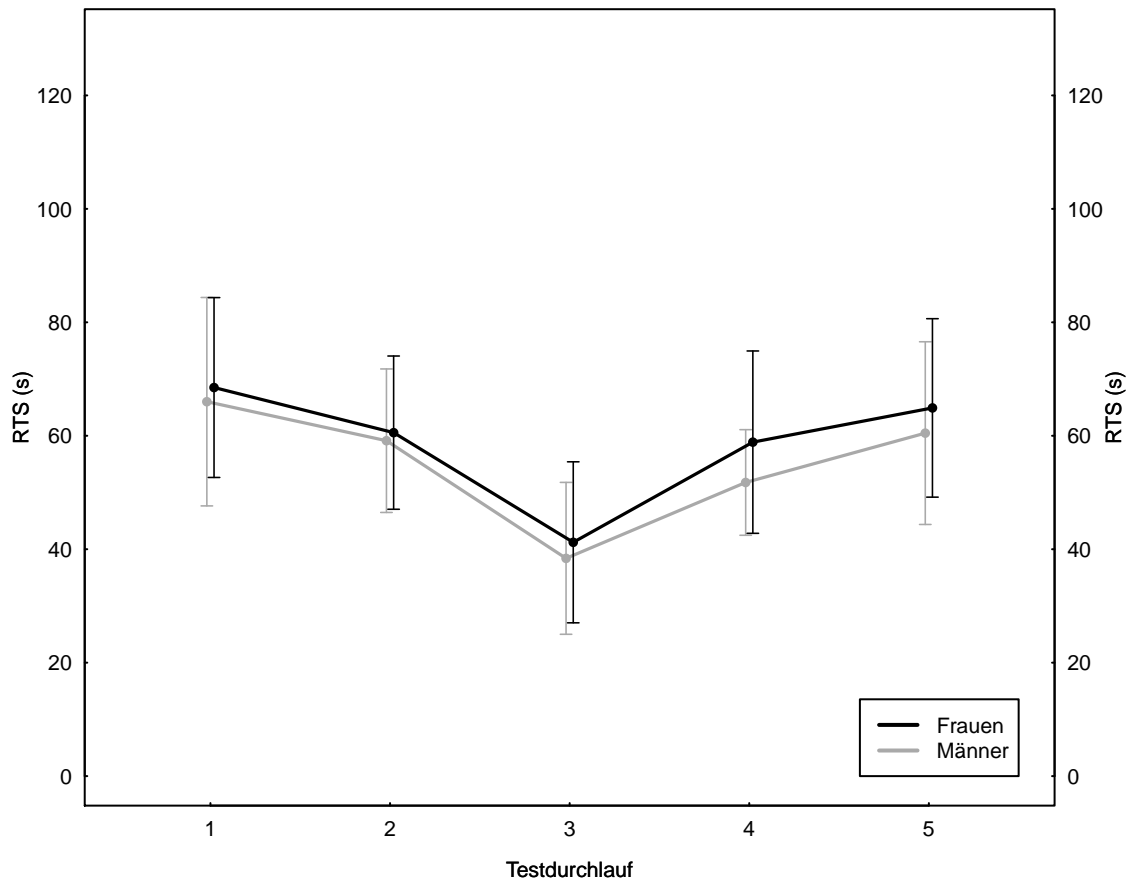


Abbildung 3.13: RTS und Testläufe mit Geschlechterverteilung

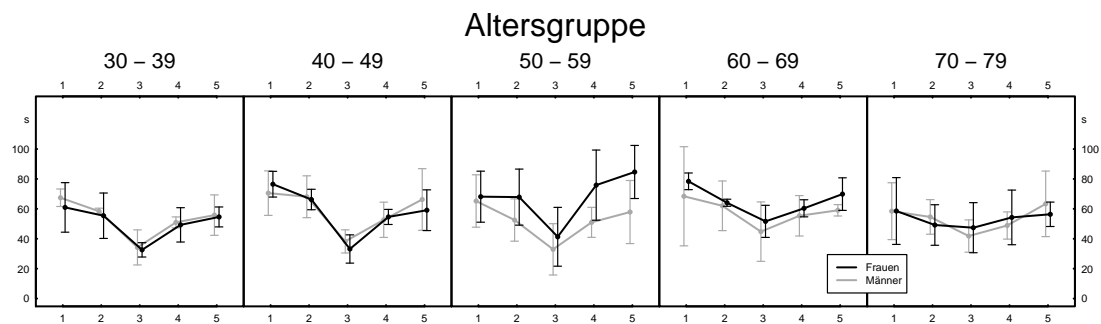


Abbildung 3.14: RTS und Testläufe mit Geschlechter- und Altersverteilung

3.4.4 Vorlagendarbietung

Um Tendenzen bezüglich der Vorlagendarbietung ausfindig zu machen, wurde dieser Einflussfaktor anhand der Abbildung 3.15 untersucht. Dabei zeigt sich, dass die Gruppe, die im ersten Testlauf im Besitz der Wörterliste war, eine längere Antwortzeit von

etwa 20 Sekunden benötigt. In den folgenden drei Testläufen gleichen sich die beiden Gruppen an. Im fünften Testlauf, in der die Gruppe ‚ohne Vorlage‘ zum ersten Mal die Wörterliste bekommt, verlängert sich die Antwortzeit im Vergleich zur Gruppe ‚mit Vorlage‘.

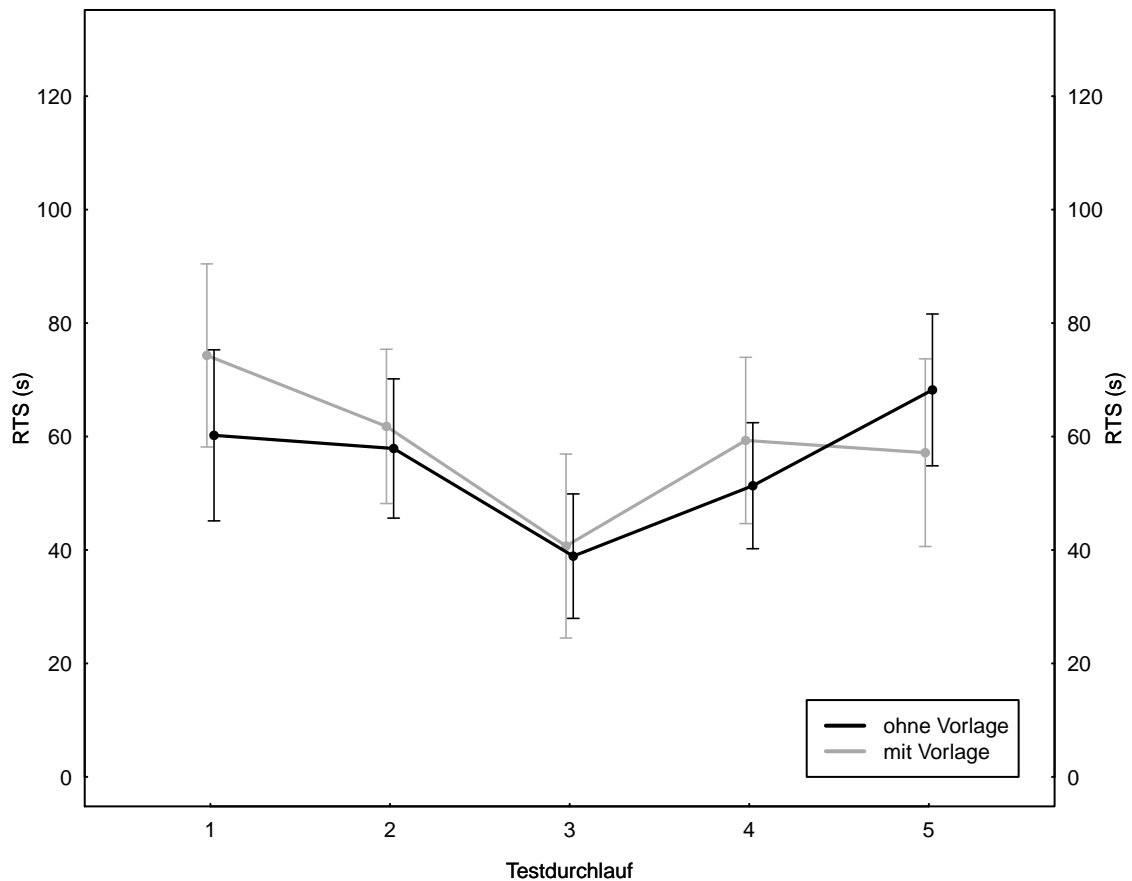


Abbildung 3.15: RTS und Testläufe mit bzw. ohne Vorlagendarbietung

3.4.5 Leserichtung

Analog zur Sprachverständlichkeit wurde bei der Untersuchungsplanung und Untersuchungsdurchführung die Leserichtung der Wörterliste vorgegeben. Da dieser Einflussfaktor in der Anova 3.16 und der Auswertung keinen Einfluss zeigte, wurde auf eine weitere Analytik des Einflussfaktors ‚Leserichtung‘ verzichtet.

4 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden das Sprachverstehen und die Antwortzeit in einem vielfältigen Alterskollektiv untersucht. Als Sprachtest kam der Oldenburger Satztest zur Anwendung. Das Hauptaugenmerk in der Diskussion richtet sich auf die Evaluation mit normalhörenden Probanden unterschiedlichen Alters mit dem OISa. Die Habituation und der in der Literatur beschriebene Lerneffekt werden genauso diskutiert wie zeitliche Aspekte des Satztests und eventuelle Optimierungen bei der Durchführung.

4.1 Frequenzabhängige Hörempfindlichkeitsmessung

Um die Probanden als ‚normalhörig‘ einstufen zu können, wurde neben der Anamnese als weiteres diagnostisches Instrument die Reintonaudiometrie an beiden Ohren durchgeführt. Die Ergebnisse der Tonaudiometrie dienen nur sekundär zur Beantwortung der Fragestellung, sondern hauptsächlich, um die Probanden als audiologisch ‚normalhörend‘ zu betrachten. Dennoch sind die Ergebnisse in 3.1 dargestellt. Dabei zeigt sich geschlechterunabhängig ein deutlicher Abfall der Hörleistung in den höheren Frequenzen bei der Altersdekade der 70-79-Jährigen und weniger stark ausgeprägt bei den 60-69-Jährigen. Somit ist bei den älteren Probanden, die als ‚normalhörig‘ an der Studie teilnahmen ein Hochtonverlust messbar. Dennoch sind die Tonaudiogramme nicht als pathologisch zu kategorisieren. Eine leichte Höreinschränkung ist ein physiologischer Prozess. Michel (2014) beschrieb die Problematik einer geeigneten Definition für die Beurteilung einer Normalhörigkeit. Dabei gab er Richtwerte zur Abschätzung der Normalhörigkeit in verschiedenen Altersstufen an, die in dieser Dissertation als Orientierung verwendet wurden (vgl. 2.4). Nach Michel (2014) ist die ISO 7029 (2000) die geeignetste Literaturvorgabe zur Kategorisierung der Normalhörigkeit verschiedener Altersstufen.

4.2 Pure tone average

Die Berechnung des ‚pure tone average‘ (PTA) aus den Daten der Reintonaudiometrie hilft beim Vergleich der Daten untereinander und hat somit statistische Relevanz.

Dadurch ist es möglich, die Ergebnisse des PTA und damit die wichtigsten Frequenzen der Reintonaudiometrie auf relevante Faktoren zu untersuchen. Des Weiteren können die Tonaudiogramme der Probanden mit Literaturwerten verglichen werden. Roth et al. (2011) gaben in ihrem Review zur Prävalenz von Altersschwerhörigkeit in Europa standardisierte Werte an. Dabei unterschieden sie die WHO-Klassifikation und die EU-Klassifikation. Beide Klassifikationen verwenden die Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz zur Berechnung des ‚pure tone average‘. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) klassifiziert einen PTA unter 26 dB Hörleistung als normal. Erst ab einem PTA von 26-40 dB Hörleistung wird die Hörminderung als mild bewertet. Die PTA-Werte der Probanden dieser Dissertation sind in der Abbildung 3.1 einzusehen und lagen bei allen Geschlechts- und Alterskategorien unter dem Wert von 26 dB Hörleistung. Somit bestand bei den 40 Probanden keine signifikante Altershörminderung nach den Kriterien der WHO.

Die Analyse des PTAs zeigte in der ANOVA die Beeinflussung durch den Faktor Altersgruppe mit einem $p < 0,001$ und einer Varianz von etwa 62 Prozent. In der Post-hoc-Analyse waren die beiden ältesten Altersgruppen der Männer im Vergleich zu den jüngeren Altersgruppen signifikant unterschiedlich (vgl. Tabelle 3.3). Absolut gesehen war die Hörleistung der Männer in den PTA-Frequenzen der Altersgruppe 70-79 (23 dB Hörleistung) 16 dB schlechter als der PTA-Mittelwert der drei jüngsten Altersgruppen (7 dB Hörleistung, vgl. Tabelle 3.1)

Eine ausgeglichene Altersverteilung zeigte sich hingegen bei den Frauen, bei denen nur die Altersgruppe 70-79 im Vergleich zur Altersgruppe 30-39 einen signifikanten Unterschied im PTA aufwies (vgl. Tabelle 3.4). Trotz der Geschlechterdifferenzierung im Tukey-Test war der Faktor ‚Geschlecht‘ bei dem PTA in der ANOVA nicht signifikant.

4.3 Abhängigkeit des Sprachverständnisses vom Alter

Wie Sprachverständnis und Alter in Zusammenhang stehen und ob es eine gegenseitige Beeinflussung gibt, wird in der angloamerikanischen Literatur beschrieben. Dabei ergab die Studie von Hall et al. (2012), dass normalhörende Kinder im Vergleich zu normalhörenden Erwachsenen eine leicht bessere Sprachverständlichkeit aufweisen. Die deutschsprachige Literatur beschreibt zwar die Relevanz von Sprachverständnis im Alter und die Folgen (Hesse et al., 2014), ohne jedoch explizitere Aussagen zu treffen. Ein Vergleich mit Daten, die den Oldenburger Satztest im Hinblick auf das Alter bei Normalhörenden untersuchen, findet sich bei Meister et al. (2011) und wird im weiteren

Verlauf diskutiert.

In dieser Arbeit zeigte sich bei der Verwendung des Oldenburger Satztests, dass die älteren Alterskohorten eine niedrigere Sprachverständlichkeit im Vergleich zu den jüngeren Alterskohorten aufweisen. Ein wesentlicher Grund ist in den Ergebnissen der Tonaudiogramme, bei denen die Älteren (> 60 Jahre) höhere Hörschwellen aufweisen, zu sehen. Dabei bestehen beim PTA bei den beiden ältesten Altersgruppen signifikante Unterschiede zu den anderen Altersgruppen. Etwa 62 Prozent beträgt die Varianz des Alters auf den PTA. Auf die Sprachverständlichkeit wirkt sich das Alter ebenfalls signifikant aus. Hierbei beträgt die Varianz des Alters auf den SRT etwa 38 Prozent. In der Post-hoc-Analyse weist die älteste Kohorte der 70-79-Jährigen in allen Testdurchläufen signifikante Unterschiede zu den jüngeren auf. Bei den 60-69-Jährigen sind dabei nur im vierten und fünften Testlauf signifikante Unterschiede gegenüber der Kohorte der 30-39-Jährige festzustellen (vgl. 3.7, 3.8, 3.9 und 3.10). Somit zeigt sich anders als in der Studie von [Meister et al. \(2011\)](#) eine Korrelation zwischen den Ergebnissen aus den Tonaudiogrammen und den Ergebnissen aus dem OISa. Bei beiden Testverfahren schneidet die Altersgruppe 70-79 signifikant schlechter ab als die jüngeren Altersgruppen. Diese Tendenz ist, wenn auch in geringerem Umfang, bereits bei der Altersgruppe 60-69 im Vergleich zu den jüngeren Altersgruppen zu verzeichnen. Bei [Meister et al. \(2011\)](#) zeigten hingegen die alten Probanden (58-79 Jahren, Mittelwert: 68,6 Jahre) im Vergleich zu den jungen Probanden (18-27 Jahren; Mittelwert: 24,0 Jahre) signifikant schlechtere Ergebnisse in der Sprachaudiometrie, ohne dass sich dies in der Tonaudiometrie bestätigte. Daraus schlussfolgerte der Autor, dass eine schlechtere Sprachverständlichkeit der alten Probanden durch altersbedingte Einschränkungen in der Kognition und der zentral-auditiven Verarbeitung begründet sei, bei jeweils intaktem peripherem Hörorgan. Zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit des peripheren Hörorgans nutzten [Meister et al. \(2011\)](#) die Tonaudiometrie. Ob die Tonaudiometrie lediglich die Leistungsfähigkeit des Gehörs misst, ohne Kognition und zentrale Prozesse zu berücksichtigen, erscheint diskussionswürdig. Vermutlich haben kortikale Prozesse in der Sprachaudiometrie eine größere Relevanz ([Meister, 2017](#)), aber auch die Tonaudiometrie verlangt den Probanden zentrale Verarbeitung und kognitive Fähigkeiten, wie Aufmerksamkeit und Konzentration, ab ([Ptok und Kiessling, 2004](#)).

4.4 Habituations- und Lerneffekte

Wie bereits in 1.5 erwähnt und in einigen Publikationen (Kießling, 2010; Kollmeier et al., 2011; Müller-Deile, J., 2009) thematisiert, ist der Lerneffekt ein Kritikpunkt, der gegen den Oldenburger Satztest vorgebracht wird. Bei der fünfmaligen Durchführung des OLSa von je dreißig Sätzen ist es sicherlich zu hinterfragen, ob von einem Lerneffekt (Müller-Deile, J., 2009), Trainingseffekt (Kollmeier et al., 2011) oder vielleicht besser von einem Übungseffekt oder auch Gewöhnungs- bzw. Habituationseffekt (Kießling, 2010) zu sprechen ist. Fakt ist, dass es in allen Altersgruppen zu einer signifikanten Verbesserung der Sprachverständlichkeitswerte kommt (vgl. 3.11, 3.12, 3.13, 3.14 & 3.15). Dabei zeigt sich, dass sich der erste Testlauf von dem vierten und fünften Testlauf signifikant unterscheidet. Jedoch besteht nur in der Altersgruppe 50-59 (3.13) ein signifikanter Unterschied zwischen dem zweiten und fünften Testlauf. Damit erweist sich, dass durch das im Handbuch angegebene Üben im Vorfeld der Habituations- bzw. Lerneffekt abgefangen werden kann. Der vierte und fünfte Testlauf zeigen über alle Altersgruppen eine konstant gute Sprachverständlichkeit (vgl. Abbildung 3.6). Wie viele Testsätze den Probanden zur Einführung ohne Messung präsentiert werden sollen, kann nicht abschließend geklärt werden. Eine grobe Maßgabe von 30-60 Testsätzen ist aus Sicht des Autors ratsam. Eine zu lange Testphase birgt zum einen die Gefahr der Ermüdung des Patienten und zum anderen eine zusätzliche Zeiteinbuße ohne informativen Benefit. Inwieweit sich diese Übungseffekte bzw. Lerneffekte in einem zwei- oder mehrzeitigen Messen auswirken, müsste in einer Längsschnittstudie untersucht werden.

Die Ausprägung des Lerneffekts sieht von Wedel (2001) in der Schwierigkeit einer Testdurchführung. Je schwieriger die Aufgabe ist umso länger sollte die Übungsphase gestaltet werden. Nach Meinung des Autors dieser Arbeit ist bei älteren Probanden bzw. Patienten die Testdurchführung physisch wie auch psychisch anstrengender und schwieriger. Unter Einbezug von von Wedel (2001) müsste damit die Übungsphase an das Alter angepasst werden. In den Ergebnissen dieser Dissertation zeigt sich jedoch über alle Altersgruppen ein ähnlicher Verlauf der Testläufe. So sind der vierte und fünfte Testlauf durchweg besser als der erste, unabhängig vom Alter. Zudem schneidet über alle adaptiv gemessenen Testläufe (eins, zwei, vier und fünf) die Altersgruppe 70-79 mit einer signifikant schlechteren Sprachverständlichkeit gegenüber den jüngeren Altersgruppen (< 59 Jahre) ab. Es ist daher keine Tendenz feststellbar, die eine altersabhängige Übungszeit begründen würde. Diskussionswürdig ist zudem die Aussage von von Wedel (2001), dass der Oldenburger Satztest in der Sprachaudiometrie

Abhilfe schaffen kann bei der Vermeidung von Lerneffekten. Gerade die Habituationseffekte und die damit einhergehende Übungsphase führen beim OISa in der HNO-Praxis zu einer geringeren Attraktivität. Ob von Abhilfe für die Sprachaudiometrie gesprochen werden kann, erscheint daher mehr als fragwürdig.

4.5 Kartendarbietung - ein Vorteil?

Müller-Deile, J. (2009) gibt als Möglichkeit zur Reduzierung des Lerneffekts hypothetisch die Darbietung der Wörterliste (2.2) an. Damit wird für den Patienten ein geschlossenes Testverfahren geschaffen. Es zeigte sich, wie in Abbildung 3.8 dargestellt, kein Effekt auf die Probanden. Zudem erwies sich die Darbietung der Wörterliste während der Untersuchungsdurchführung als hinderlich. Vor allem die älteren Altersgruppen (> 50 Jahre) wirkten mit der Karte überfordert und sahen keinen Vorteil in ihrer Nutzung. Damit scheint eine Reduzierung des Lerneffekts mit Kartendarbietung nicht förderlich zu sein. Im Gegenteil, die Kartendarbietung bedeutet für die Untersuchungsdurchführung vielmehr ein zeitliches Hindernis.

Die in 2.7.3 geschilderte Instruktion durch den Autor dieser Dissertation, die Lese- richtung der Karte spalten- bzw. zeilenweise durchzuführen, ergab keinen Effekt auf die Sprachverständlichkeit.

4.6 Optimierung der Sprachverständlichkeitsberechnung

Die Messung des Mittelwerts der Sprachverständlichkeit eines Patienten ist das Ziel bei der Durchführung des Oldenburger Satztests. Doch welche Werte werden zur Berechnung verwendet und welche nicht? Zur Berechnung des SRT-Mittelwerts bei dreißig Testsätzen gibt das Handbuch vor, die berechneten SRT-Werte ab dem zwölften bis zum einunddreißigsten Testsatz zu verwenden.

Ist dieser Bereich sinnvoll oder sollte er erweitert oder verkürzt werden? Ein Intervall zu wählen, in dem alle einunddreißig bestimmten SRT-Werte mitberechnet werden, erscheint nicht nützlich. Dadurch würden die zu Anfang oftmals unvariieren SRT-Werte zu einer Verfälschung führen. Ein zu kurzes Intervall beispielsweise der letzten fünf SRT-Werte (sechundzwanzigster bis einunddreißigster SRT-Wert) würde zu einer zu großen Ungenauigkeit führen. Die erstellten 3-D-Plots in 3.3 widmen sich dieser Fragestellung. Bei genauer Analyse im Hinblick auf eine Optimierung zeigte sich, dass der Standard-Fehler optimiert werden kann, wenn die Berechnung bereits vorher stattfindet. Dabei

erzeugt die Berechnung des SRT-Mittelwerts ab dem achten Testsatz den minimalen SRT-Standardfehler. Diese Annahme ist zudem unabhängig vom Alter, da sich die Ergebnisse homogen über alle Altersgruppen abbilden.

4.7 Die Latenzzeit, die Reaktionszeit der Probanden

Durch den Lerneffekt und die damit verbundene Durchführung von Trainingslisten gestaltet sich die Sprachtestung mit einem zeitlichem Mehraufwand. Der zeitliche Mehraufwand ist aber notwendig zur Erlangung validierter Ergebnisse von Probanden / Patienten. Inwieweit sich Altersunterschiede auf die Antwortzeit auswirken und ob die Untersuchungsanordnung Erkenntnisse auf die Antwortzeit liefert, wird in den Unterkapiteln diskutiert.

4.7.1 Altersunterschiede

In der Literatur finden sich Publikationen, die sich mit den Antwortlatenzen von Erwachsenen in der Sprachaudiometrie beschäftigen (Tun et al., 2010; Wingfield et al., 2006). Tun et al. (2010) untersuchten dazu drei Gruppen: junge normalhörende Probanden (18-26 Jahre alt), ‚gut hörende‘ alte Probanden (68-85 Jahre alt) und ‚schlecht hörende‘ alte Probanden (68-85 Jahre alt). Dabei gab es bei den normal bzw. ‚gut-hörenden‘ Gruppen trotz der Altersunterschiede keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Latenzzeiten. Die Probanden der ‚schlecht hörenden‘ Gruppe hingegen zeigte im Vergleich zu den gut hörenden Gruppen eine signifikant ($p < 0,05$) langsamere Antwortzeit. Die Untersuchungsanordnung dieser Dissertation gestaltete sich ähnlich. Wie in 2.6 beschrieben, wurden nur normalhörende Probanden rekrutiert und die Antwortlatenz, hier als RTS beschrieben, ergab in der ANOVA eine Signifikanz bedingt durch den Faktor Altersgruppe von $p=0,0107$. In dem Tukey-Test fand sich dann aber keine Erklärung für die Signifikanz. Anders als vom Autor vermutet, waren die alten Altersgruppen 60-69 und 70-79 in der Antwortzeit vergleichbar mit den jüngeren Altersgruppen.

Somit sind die Ergebnisse bezüglich der Latenzzeit bei normalhörenden Probanden mit denen von Tun et al. (2010) in der englischsprachigen Sprachaudiometrie übereinstimmend. Die Testung einer ‚alten‘ Altersgruppe mit eingeschränkter Hörleistung, könnte weiterreichende Ergebnisse liefern, vor allem im Hinblick auf den Vergleich von sensorischen und kognitiven Anforderungen bei der Antwortzeit in der Sprachaudiometrie.

4.7.2 Untersuchungsanordnung

Bei dem Faktor Testlauf ergab sich in der ANOVA (3.4.2) ein signifikanter Einfluss auf die Antwortzeit ($p < 0,001$). Der Grund für den Einfluss ist dabei in der Untersuchungsanordnung selbst begründet. Die Testdurchführung startet mit zwei Testläufen in adaptiver Messung, einem folgenden Testlauf in nicht adaptiver Form bei einem Stör- und Nutzsignal von 65 dB und zwei abschließenden Testläufen, wiederum in adaptiver Form. Der dritte Testlauf stellte die Probanden bezüglich der Sprachverständlichkeit kaum vor Probleme. Die Messung erfolgte ohne die Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle, bei der 50 Prozent der Wörter verstanden werden. So wurde ein prozentualer Wert bestimmt, der die ‚richtig‘ verstandenen Wörter wiedergibt. Somit wurde dieser Testlauf genutzt, um den Probanden bei guter Verständlichkeit den Wortschatz des Oldenburger Satztests näherzubringen. Es sollte eine Gewöhnung, eine Habituation an den Satztest stattfinden. Wie vermutet, zeigen sich in den Grafiken und in der Post-hoc-Analyse signifikante Unterschiede zum dritten Testlauf. Jedoch lassen sich diese Unterschiede vor allem bei den jüngeren Altersgruppen erkennen, während die Altersgruppe 60-69 noch einen (erster und dritter Testlauf) und die Altersgruppe 70-79 keinen signifikanten Unterschied mehr aufweisen. Damit ähneln die Antwortzeiten denen der anderen Testläufe. Warum sich die Antwortzeiten bei steigendem Alter anglichen und der dritte Testlauf langsamer absolviert wurde, darüber kann nur spekuliert werden. Möglicherweise ist der dritte Testlauf für die älteren Probanden (> 60 Jahre) schwerer verständlich als für die jüngeren. Schließlich wurde der Testlauf mit derselben Stör- und Nutzsignallautstärke den Probanden dargeboten, unabhängig vom Ergebnis. Die Minimierung der Verständlichkeit für die älteren Altersgruppen könnte somit für eine längere Latenz der Antwortzeit im dritten Testlauf im Vergleich zu den jüngeren Altersgruppen verantwortlich sein.

Bei Hinzunahme der Wörterliste ergaben sich zwar Veränderungen in den Antwortzeiten, die grafisch darstellbar sind (3.15), aber keine Signifikanz erkennen lassen. Ähnlich verhält es sich mit der Leserichtung, die als weiterer Faktor in die Auswertung einbezogen wurde. Es zeigte sich hierbei keine Relevanz, ob die Wörterliste zeilen- oder spaltenweise durchgelesen wurde.

4.8 Bewertung

In der vorliegenden Arbeit fanden sich altersabhängige Unterschiede bei Durchführung des Oldenburger Satztests. Ältere Probanden erreichten eine schlechtere Sprachver-

ständigkeitsschwelle im Vergleich zu jüngeren Probanden. Ein kausaler Grund konnte nicht gefunden werden. Vermutlich bedingen multifaktorielle Prozesse eine schlechtere Sprachverständlichkeit bei fortschreitendem Alter. Das periphere Gehörorgan, die zentral-auditive Verschaltung und kognitive Fähigkeiten sind unter anderem Faktoren, die das Sprachverstehen ermöglichen und beeinflussen.

Des Weiteren konnte in der Studie ein Lerneffekt bzw. Habituationseffekt nachgewiesen werden, der sich homogen über die Alterskategorien verteilt. Um den Effekt auszugleichen, bedarf es der Übung bzw. Gewöhnung an den Oldenburger Satztest. Die benötigte Übungsphase ist zeitintensiv. Jedoch konnte kein Verfahren gefunden werden, das die Übungsphase zeitlich verkürzt. In Zusammenschau mit den Ergebnissen der Sprachverständlichkeit und der Antwortzeit zeigte sich, dass eine Hinzunahme der Wörterliste nicht empfehlenswert ist. Mit der Wörterliste entfällt zudem die Leserichtungsvorgabe an die Probanden. Die Wörterliste und die damit verbundene Instruktion zur Nutzung derselben führte oftmals zu einer Überforderung der Probanden, ohne informativen Vorteil. Daher ist der Gebrauch der Wörterliste bei der Durchführung aus Sicht des Autors nicht zielführend und sinnvoll.

5 Zusammenfassung

Das Sprachverstehen ist für die Kommunikation unerlässlich und im Laufe des Lebens Veränderungen unterworfen. Die häufigste Assoziation mit eingeschränktem Sprachverstehen ist das Alter. Defizite im Sprachverstehen können durch verschiedene Mechanismen entstehen. Beeinflussende Faktoren auf das Sprachverstehen können zentral-auditive Prozesse und kognitive Fähigkeiten sein, sowie der unabdingbare Bestandteil zur Signalaufnahme und Signalverarbeitung, das periphere Gehörorgan. Bei Störung der Sprachverständlichkeit differenziert die Sprachaudiometrie nicht die Ursachen. Zur Messung der Sprachverständlichkeit werden sprachaudiometrische Testverfahren eingesetzt und deren Ergebnisse unter anderem diagnostisch und zur Überprüfung des therapeutischen Benefits genutzt. Der Oldenburger Satztest (OISa) ist ein Testverfahren, das im deutschsprachigen Raum zur Anwendung kommt. Bislang gibt es nur wenige Untersuchungen zu den Einflussfaktoren bei diesem ‚modernen‘ Satztest, eine Evaluierung der Lerneffekte in Bezug auf verschiedene Altersdekaden gibt es bisher nicht.

Zur Evaluierung des Oldenburger Satztests im Störgeräusch wurde die Sprachverständlichkeitsschwelle von 40 normalhörenden Probanden in Abhängigkeit vom Alter gemessen. Die Normalhörigkeit der Probanden wurde anhand von anamnestischen und tonaudiometrischen Kriterien bestimmt. Die Probanden wurden in jeweils fünf Altersdekaden eingeteilt. Die jüngste Dekade präsentierten vier männliche und vier weibliche Probanden im Alter zwischen 30 und 39 Jahren. Die älteste Dekade stellten in selber Personen- und Geschlechtsanzahl die 70-79-Jährigen dar. Die Durchführung von fünf Testläufen mit jeweils 30 Testsätzen erfolgte im Freifeld. Dazu wurde bis auf den dritten Testlauf, der bei 65 dB Nutz- und Störsignal fest kalibriert wurde, die Messung adaptiv durchgeführt.

In der statistischen Auswertung zeigten die beiden Faktoren Alter und Testlauf einen signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die Sprachverständlichkeit und stellten 64 Prozent der Gesamtvarianz dar. Beim Faktor Alter wies die Altersdekade der 70-79-Jährigen im Vergleich zu den jüngeren Probanden unter 60 Jahren in allen vier adaptiv gemessenen Testläufen signifikant schlechtere Sprachverständlichkeiten auf. Die 60-69-Jährigen nehmen bezüglich der Sprachverständlichkeit eine Mittelstellung ein. Der Faktor Test-

lauf führte im vierten und fünften Testlauf zu signifikant besseren Sprachverständlichkeitsschwellen im Vergleich zu den ersten beiden Testläufen, unabhängig von der Altersgruppe. Damit ist ein Lerneffekt bei der Durchführung des Oldenburger Satztests in allen Altersgruppen festzustellen. Weitere untersuchte Faktoren wie Geschlecht, Vorlagendarbietung und Leserichtung wiesen keine signifikanten Korrelationen zur Sprachverständlichkeit auf.

Die Untersuchung zur Optimierung der Sprachverständlichkeitsberechnung ergab abweichende Ergebnisse zu den bisher gültigen Kriterien. Der niedrigste SRT-Standardfehler konnte bestimmt werden, wenn zu dessen Berechnung die SRT-Werte, vom achten Testsatz beginnend bis zum dreißigste und damit letzten Testsatz, mit einfließen.

Die Einflussfaktoren Alter und Testlauf führten auch in der Untersuchung bezüglich der Antwortzeiten zu signifikanten Ergebnissen ($p < 0,05$). Während der Einfluss des Alters auf die Antwortzeit nicht genauer differenziert werden konnte, war der dritte Testlauf signifikant verkürzt im Vergleich zu den anderen Testläufen. Die Erklärung liegt in der Untersuchungsanordnung, bei der die Messungen adaptiv versus nicht adaptiv durchgeführt wurden.

6 Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

- Batsoulis C. und Lesinski-Schiedat A. September 2016. Sprachaudiometrie in der Begutachtung des Hörvermögens. *HNO*, 65(3):203–210. URL <https://doi.org/10.1007/s00106-016-0239-2>.
- Brand T. und Wagener K. C. August 2016. Eigenschaften, Leistungen und Grenzen von Matrixtests. *HNO*, 65(3):182–188. URL <https://doi.org/10.1007/s00106-016-0224-9>.
- Dietz A., Buschermohle M., Aarnisalo A. A., Vanhanen A., Hyyrynen T., Aaltonen O., Lopponen H., Zokoll M. A., und Kollmeier B. Jul 2014. The development and evaluation of the Finnish Matrix Sentence Test for speech intelligibility assessment. *Acta Otolaryngol.*, 134(7):728–737.
- Dillier N., Hesse G., Janssen T., Kinkel M., Mrowinski D., Lehnhardt E., Laszig R., und Hormann J. *Praxis der Audiometrie - 14 Tabellen*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 8. überarb. u. erw. Aufl. Ausgabe, 2001. ISBN 978-3-133-69008-9.
- Drenckhahn D. *Anatomie - Herz-Kreislauf-System, lymphatisches System, endokrines System, Nervensystem, Sinnesorgane, Haut*. Urban & Schwarzenberg, M, 16. Aufl. Ausgabe, 2004. ISBN 978-3-437-42350-5.
- Gemeinsamer Bundesausschuss . Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung, 2014. URL https://www.g-ba.de/downloads/62-492-934/HilfsM-RL_2014-07-17.pdf.
- Gemeinsamer Bundesausschuss . 2017. Hilfsmittel-Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Stand: 17. Februar 2017). *Hilfsmittel-Richtlinie*.
- Gemeinsamer Bundesausschuss . 2020. Hilfsmittel-Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Stand: 27. März 2020). *Hilfsmittel-Richtlinie*.

- Gerabek W. E., Haage B. D., Keil G., und Wegner W. *Enzyklopädie Medizingeschichte* -. Walter de Gruyter, Berlin, 2011. ISBN 978-3-110-97694-6.
- Hagerman B. 1982. Sentences for testing speech intelligibility in noise. *Scand Audiol*, 11(2):79–87.
- Hahlbrock K.-H. 1953. Über Sprachaudiometrie und neue Wörtertteste. *Arch Ohren Nasen Kehlkopfheilkd*, 162(5):394–431.
- Hall J. W., Buss E., Grose J. H., und Roush P. A. 2012. Effects of age and hearing impairment on the ability to benefit from temporal and spectral modulation. *Ear Hear*, 33(3):340–348.
- Handbuch . Handbuch des Oldenburger Satztest durch die HörTech GmbH. Abrufdatum 25.03.2017. URL <http://www.hoertech.de/web/produkte/audiotests.shtml>.
- Hernvig L. H. und Olsen S. Ø. Januar 2005. Learning effect when using the danish hagerman sentences (dantale II) to determine speech reception threshold. *International Journal of Audiology*, 44(9):509–512. URL <https://doi.org/10.1080/14992020500189997>.
- Hesse G., Eichhorn S., und Laubert A. 2014. Hörfähigkeit und Schwerhörigkeit alter Menschen. *HNO*, 62(9):630–639. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-014-2903-8>.
- Hoppe U. und Hast A. 2017. Sprachaudiometrie bei der Indikation von Hörhilfen und Hörimplantaten. *HNO*, 65(3):195–202.
- ISO 7029 . 2000. International Organization for Standardization - Acoustics - Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age. <http://www.iso.org>, (E):1–8.
- Jones G. L. und Litovsky R. Y. Dec 2008. Role of masker predictability in the cocktail party problem. *J. Acoust. Soc. Am.*, 124(6):3818–3830.
- Kaulitz Stefan. Lautheitsbeurteilung unilateraler Cochlea-Implantat-Träger in Abhängigkeit von der Stimulusart und vom vorangehenden Stimulus bei sequenzieller Darbietung der Reize, 2008. URL <http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de>.
- Kiessling J. Nov 2000. Modern procedures in speech audiometry. *Laryngorhinotologie*, 79(11):633–635.

- Kiessling J. 2010. Moderne Sprachtests auf dem Weg von der Forschung in die Praxis. *HNO*, 58(6):595–596. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-010-2125-7>.
- Kollmeier B., Lenarz T., Winkler A., Zokoll M.A., Sukowski H., Brand T., und Wagener K.C. 2011. Hörgeräteindikation und -überprüfung nach modernen Verfahren der Sprachaudiometrie im Deutschen. *HNO*, 59(10):1012–1021. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-011-2345-5>.
- Kollmeier B. und Wesselkamp M. Oct 1997. Development and evaluation of a German sentence test for objective and subjective speech intelligibility assessment. *J. Acoust. Soc. Am.*, 102(4):2412–2421.
- Lewald J. und Getzmann S. 2015. Electrophysiological correlates of cocktail-party listening. *Behav. Brain Res.*, 292:157–166.
- Löhler J., Akcicek B., Wollenberg B., und Schönweiler R. 2014. Umsetzung der neuen Qualitätssicherungsvereinbarung zur Hörgeräteversorgung im Praxisalltag. *HNO*, 62(9):667–682. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-014-2880-y>.
- Meister H. März 2017. Sprachaudiometrie, Sprachwahrnehmung und kognitive Funktionen. *HNO*, 65(3):189. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-016-0229-4>.
- Meister H., Schreitmüller S., Grugel L., Landwehr M., Wedel von H., Walger M., und Meister I. 2011. Untersuchungen zum Sprachverstehen und zu kognitiven Fähigkeiten im Alter. *HNO*, 59(7):689–695. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-011-2262-7>.
- Michel O. 2014. Die Beurteilung der Normalhörigkeit in der Hals-Nasen-Ohrenärztlichen Begutachtung. *HNO*, 62(5):382–384. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-014-2848-y>.
- Mrowinski Dieter, Scholz Günther, und Steffens Thomas. *Audiometrie - Eine Anleitung für die praktische Hörprüfung*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2017. ISBN 978-3-132-40121-1.
- Müller-Deile, J. . 2009. Sprachverständlichkeitsuntersuchungen bei Cochleaimplantatpatienten. *HNO*, 57(6):580–592. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-009-1930-3>.

- Ptok M. und Kiessling J. 2004. Sprachperzeption. *HNO*, 52(9):824–830. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-004-1109-x>.
- Qualen Juliane Friederike. Evaluation des Einsilber-Sprachmaterials M-2007 und Entwurf einer Methodik für die Zusammenstellung gleichwertiger Listen, 2010. URL <http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de>.
- Rählmann S. und Meister H. Januar 2017. Sprachaudiometrische Erfassung von „informational masking“. *HNO*, 65(3):228–236. URL <https://doi.org/10.1007/s00106-016-0303-y>.
- Rahne T. März 2017. Zielgenaue Anwendung der Sprachaudiometrie. *HNO*, 65(3):180. ISSN 1433-0458. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-016-0299-3>.
- Roth T.-N., Hanebuth D., und Probst R. 2011. Prevalence of age-related hearing loss in europe: a review. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 268(8):1101–1107. ISSN 0937-4477. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00405-011-1597-8>.
- Schorn K. 2004. Hörgeräteüberprüfung in der Praxis. *HNO*, 52(10):875–885. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-004-1131-z>.
- Sobotta J., Paulsen F., und Waschke J. *Sobotta, Atlas der Anatomie Band 3 - Kopf, Hals und Neuroanatomie*. Urban & Fischer in Elsevier, 2017. ISBN 978-3-437-44023-6.
- Speckmann E.-J., Hescheler J., und Köhling R. *Physiologie* -. Elsevier, Urban&FischerVerlag, 5. Aufl. Ausgabe, 2008. ISBN 978-3-437-41318-6.
- Steffens T. März 2017. Die systematische Auswahl von sprachaudiometrischen Verfahren. *HNO*, 65(3):219. ISSN 1433-0458. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00106-016-0249-0>.
- Tun P. A., Benichov J., und Wingfield A. Sep 2010. Response latencies in auditory sentence comprehension: effects of linguistic versus perceptual challenge. *Psychol Aging*, 25(3):730–735.
- Union Europäische. Richtlinie 2003/10/eg, Februar 2003. URL <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:042:0038:0044:DE:PDF>.

- v. Wallenberg und Kollmeier, B. . 1989. Sprachverständlichkeitsmessungen für die Audiologie mit einem Reimtest in deutscher Sprache: Erstellung und Evaluation von Testlisten. *Audiologische Akustik*, 38:50–65.
- Wedel von H. 2001. Fehlermöglichkeiten in der Ton- und Sprachaudiometrie. *HNO*, 49(11):939–959. ISSN 0017-6192. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s001060170025>.
- Wagener K., Brand T., und B. Kollmeier. 1999a. Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I. Design des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie*, 38 (1):4–15.
- Wagener K., Brand T., und B. Kollmeier. 1999b. Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache II. Optimierung des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie*, 38 (2):44–56.
- Wagener K., Brand T., und B. Kollmeier. 1999c. Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache III. Evaluation des Oldenburger Satztests. *Zeitschrift für Audiologie*, 38 (3):86–95.
- Wagener K., Brand T., und B. Kollmeier. International cross-validation of sentence intelligibility tests. In *EFAS - Meeting 2007, Heidelberg, 2007*.
- Warzybok A., Zokoll M., Wardenga N., Ozimek E., Boboshko M., und Kollmeier B. 2015. Development of the russian matrix sentence test. *International Journal of Audiology*, 0:1–9. URL <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2015.1020969>. PMID: 25843088.
- Wingfield A., McCoy S. L., Peelle J. E., Tun . A., und Cox C. L. 2006. Effects of adult aging and hearing loss on comprehension of rapid speech varying in syntactic complexity. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17(7): 487–497. URL <http://www.ingentaconnect.com/content/aaa/jaaa/2006/00000017/00000007/art00004>.
- Zundorf I. C., Karnath H. O., und Lewald J. May 2014. The effect of brain lesions on sound localization in complex acoustic environments. *Brain*, 137(Pt 5):1410–1418.

7 Anhang

7.1 Einwilligungserklärung

Einverständniserklärung und Probandeninstruktion

Der Zweck des Versuchs ist es, den Lerneffekt bei wiederholter Durchführung des Oldenburger Sprachtests zu quantifizieren. Dabei befinden sich die verwendeten Schallpegel stets unter 90 dB, sodass eine Hörschädigung ausgeschlossen ist.

Vor der Durchführung wird ein Hörtest gemacht. Damit wird festgestellt, ob Sie als Proband tatsächlich „normalhörend“ und somit für den Test geeignet sind.

Der Oldenburger Sprachtest ist ein Test, um festzustellen, wie gut Sie Sprache in geräuschvoller Umgebung verstehen können. Hierzu werden Ihnen Sätze dargeboten, die von einer männlichen Stimme gesprochen werden.

Jeder Satz besteht aus fünf Wörtern der Struktur: *Name Verb Zahl Adjektiv Objekt*.

Die Sätze sind nicht unbedingt sinnvoll. Zusätzlich zu der Sprache wird ein Rauschen dargeboten. Bitte wiederholen Sie nach der Darbietung den Satz oder **jedes** Wort, welches Sie verstanden haben. Wenn Sie unsicher sind, dürfen Sie gerne auch raten. Ich werde die Wörter festhalten, die korrekt wiedergegeben wurden.

Während der Messung wird die Sprache in der Lautstärke verändert. Sie kann dadurch teilweise sehr leise sein. Lassen Sie sich dadurch nicht entmutigen. Für die Aussagekraft der Messung ist es wichtig, diese Messung unter schwierigen Bedingungen durchzuführen.

Der Oldenburger Sprachtest wird insgesamt fünf Mal, teilweise unter verschiedenen Bedingungen, durchgeführt. Beispielsweise werden Sie einmal nativ getestet, dann mit Kenntnis der Wörter, die vorkommen können.

Versuchen Sie bitte, während des gesamten Tests möglichst konzentriert zu sein. Pausen zwischen den einzelnen Tests sind jederzeit möglich. Sie können den Test jederzeit abbrechen. Die daraus erhobenen Daten werden dann allerdings unbrauchbar und können nicht mehr ausgewertet werden.

Die Daten werden zu rein wissenschaftlichen Zwecken erhoben und nur in anonymisierter Form ausgewertet. Außerdem werden sie verschlüsselt und wir verpflichten uns zur Einhaltung der datenschutzrechtlichen Bestimmungen.

Schon einmal im Voraus danke für Ihre Teilnahme und Ihre Bemühungen!

Ich habe oben stehenden Text gelesen und zur Kenntnis genommen und erkläre meine Einwilligung zur Teilnahme an dem Versuch.

Datum, Teilnehmer/in

Datum, Versuchsleiter

Abbildung 7.1: Einwilligungserklärung

7.2 Einzelaudiogramme

Altersgruppe 30-39 Männer

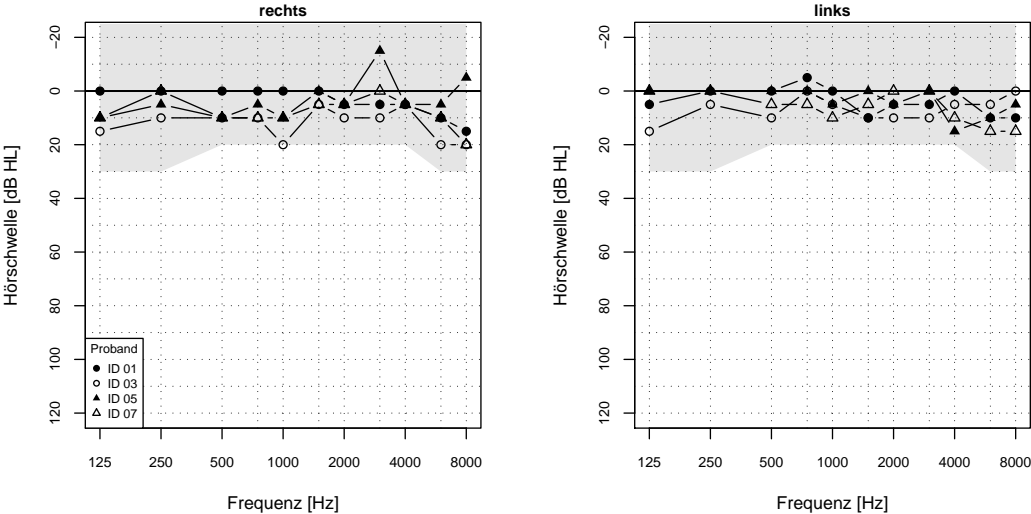


Abbildung 7.2: Altersgruppe 30-39 Männer

Altersgruppe 40-49 Männer

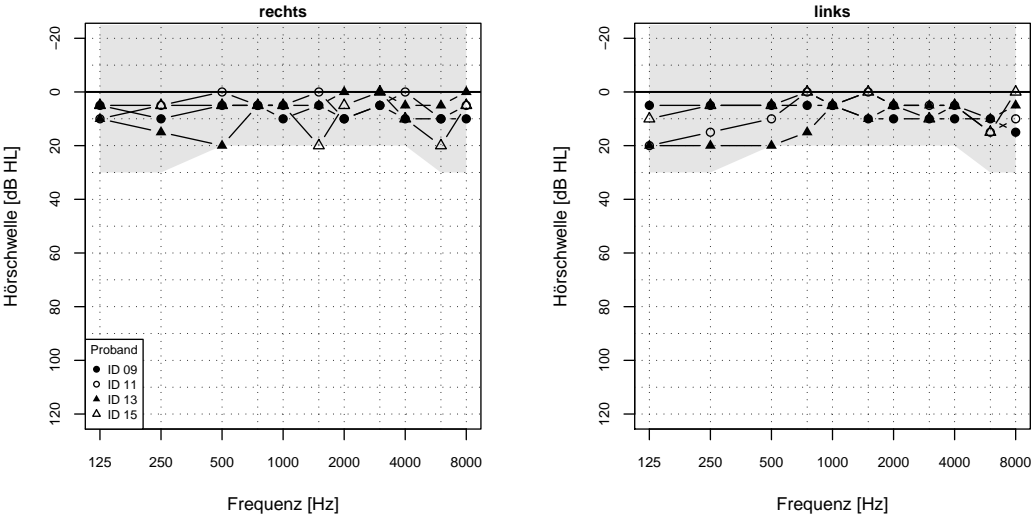


Abbildung 7.3: Altersgruppe 40-49 Männer

Altersgruppe 50–59 Männer

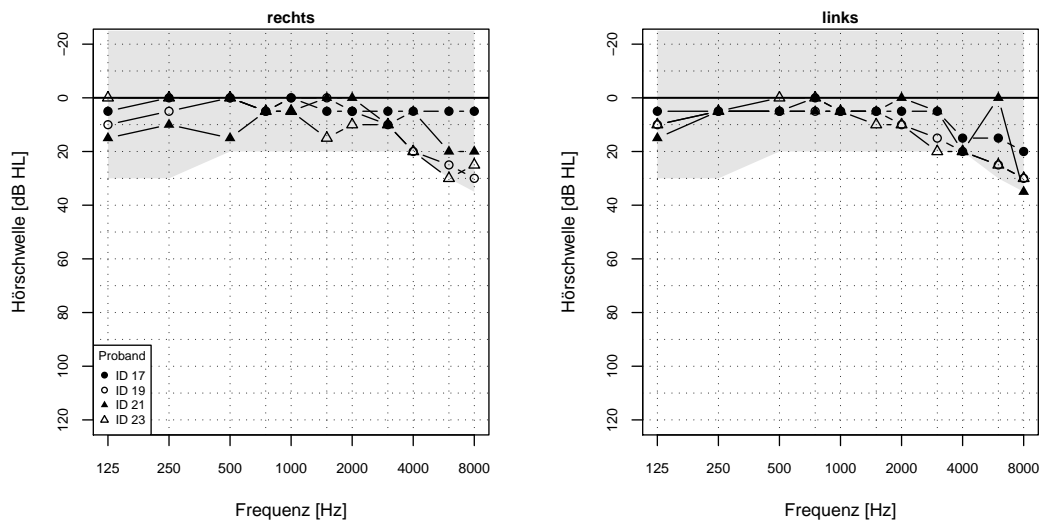


Abbildung 7.4: Altersgruppe 50-59 Männer

Altersgruppe 60–69 Männer

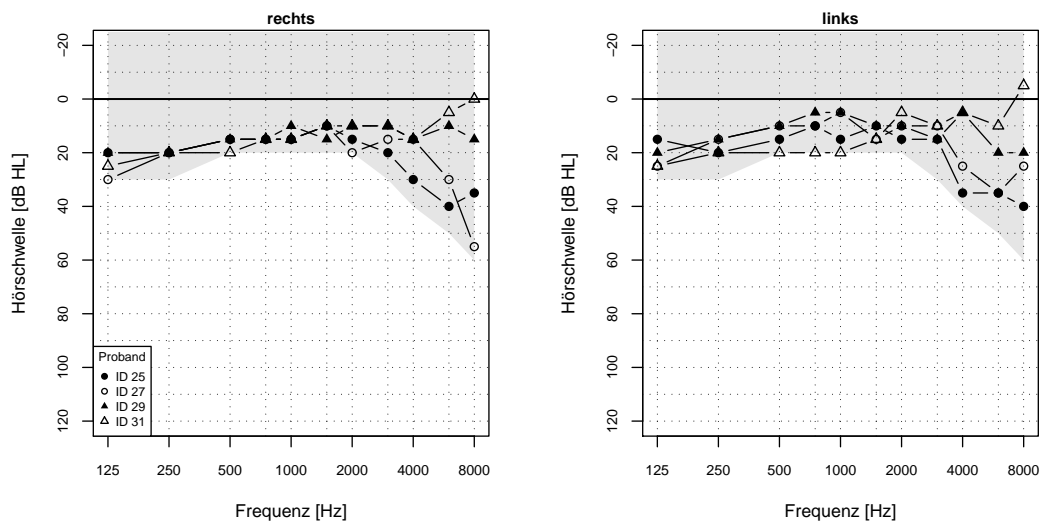


Abbildung 7.5: Altersgruppe 60-69 Männer

Altersgruppe 70–79 Männer

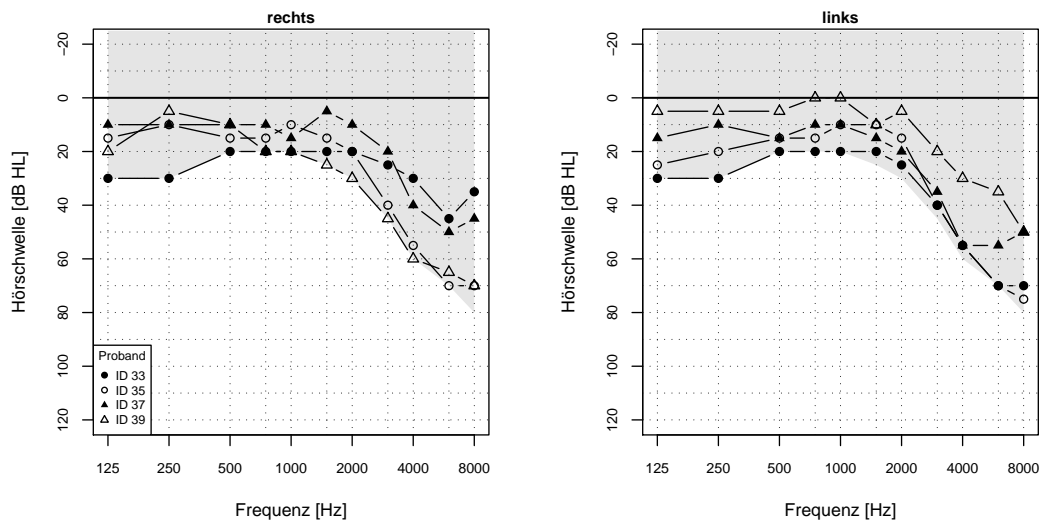


Abbildung 7.6: Altersgruppe 70-79 Männer

Altersgruppe 30–39 Frauen

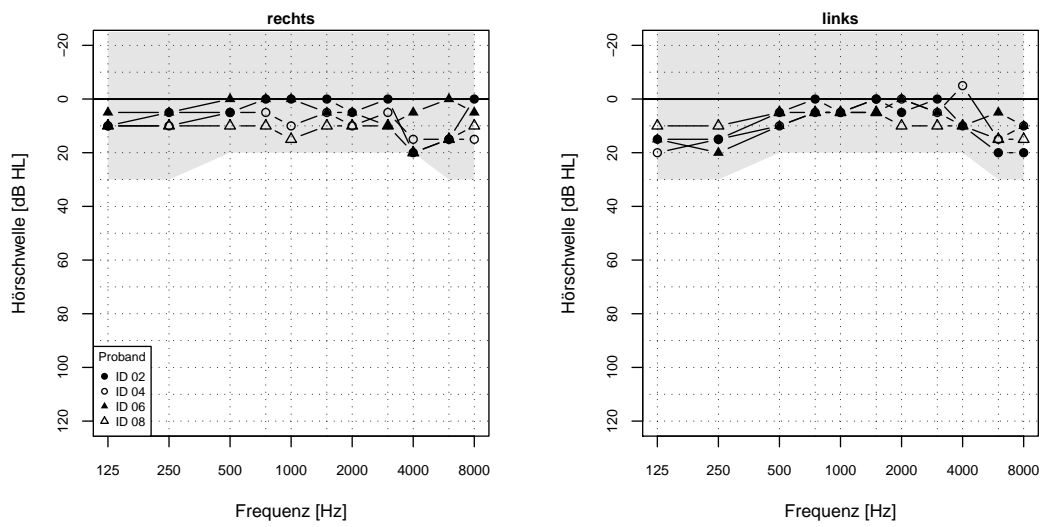


Abbildung 7.7: Altersgruppe 30-39 Frauen

Altersgruppe 40–49 Frauen

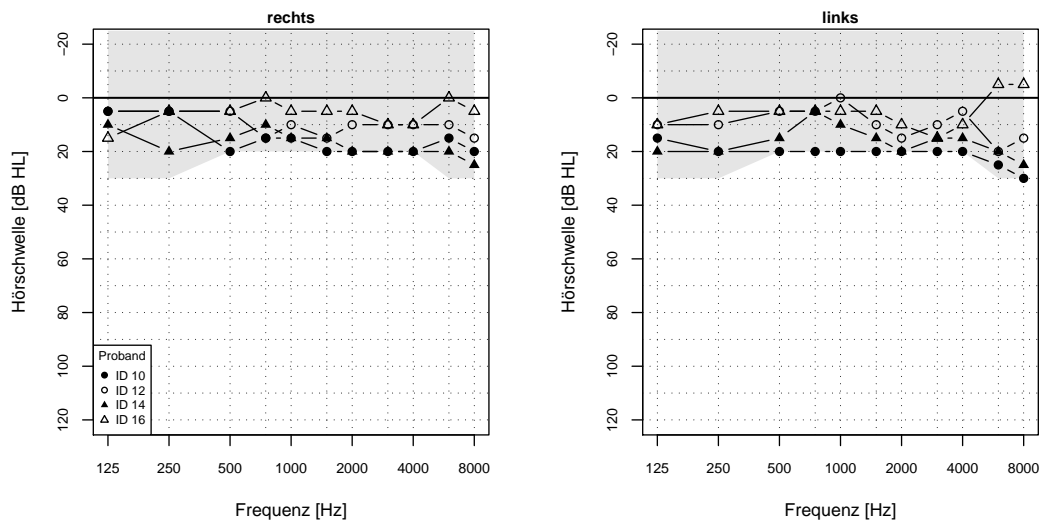


Abbildung 7.8: Altersgruppe 40-49 Frauen

Altersgruppe 50–59 Frauen

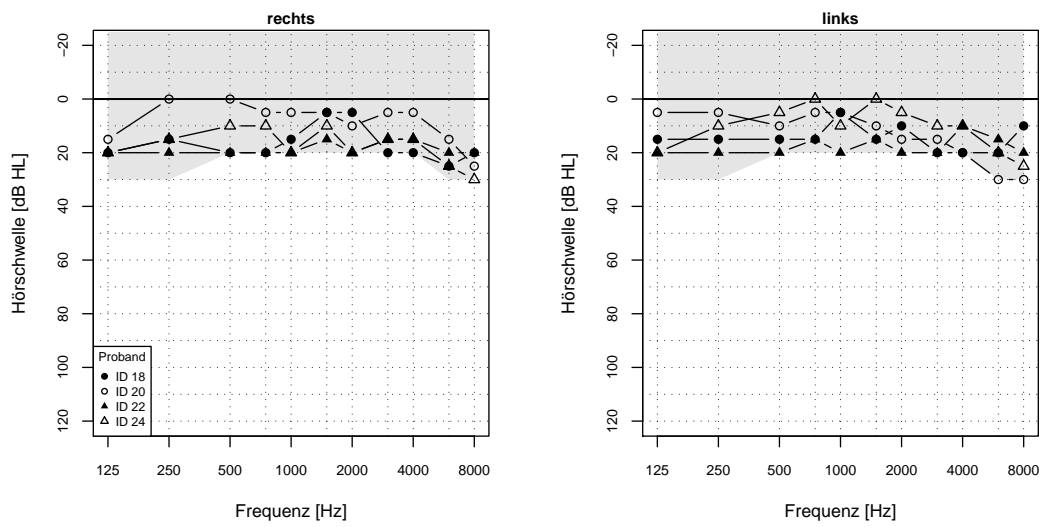


Abbildung 7.9: Altersgruppe 50-59 Frauen

Altersgruppe 60–69 Frauen

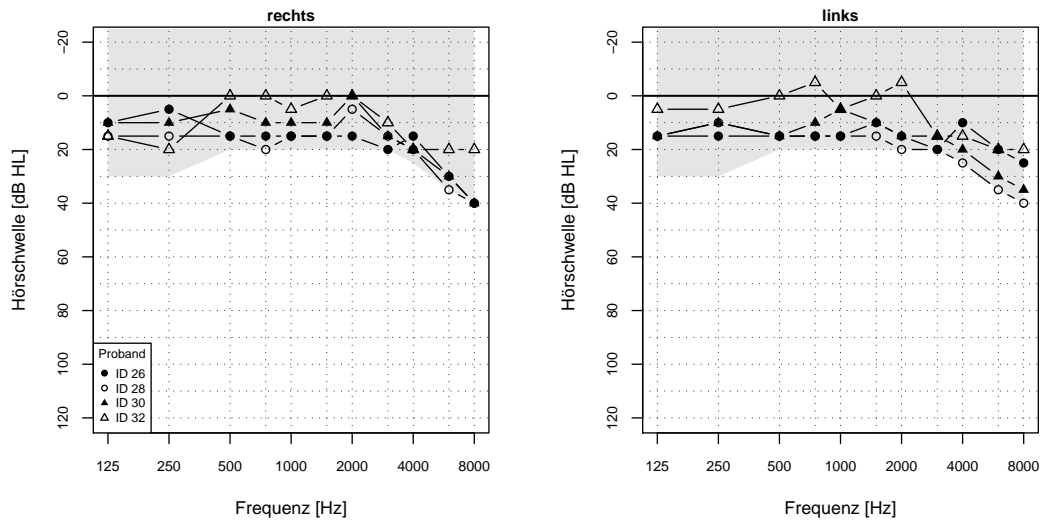


Abbildung 7.10: Altersgruppe 60-69 Frauen

Altersgruppe 70–79 Frauen

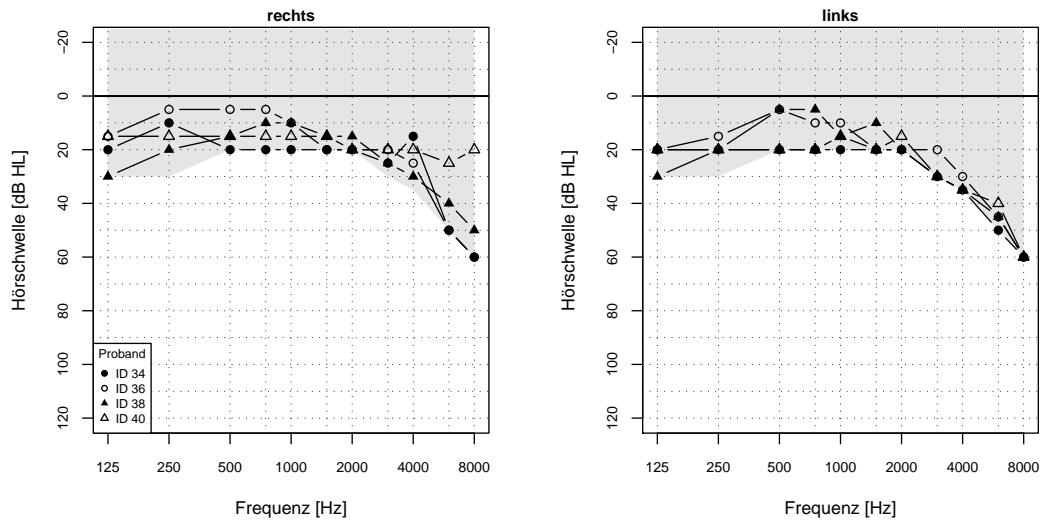


Abbildung 7.11: Altersgruppe 70-79 Frauen

7.3 Sprachverständnis (SRT)

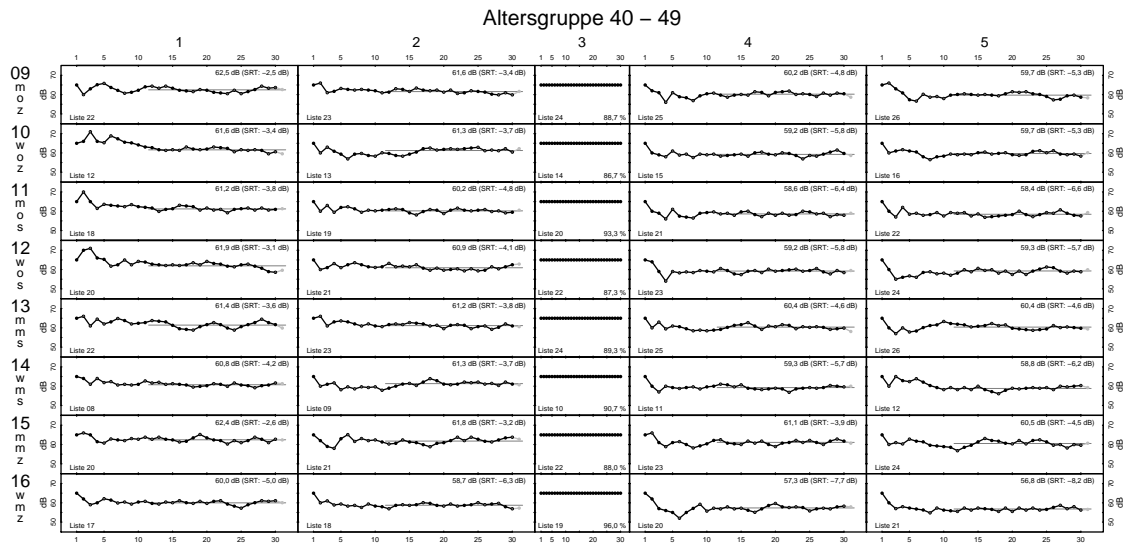


Abbildung 7.12: SRT-Resultate der Altersgruppe 40-49 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

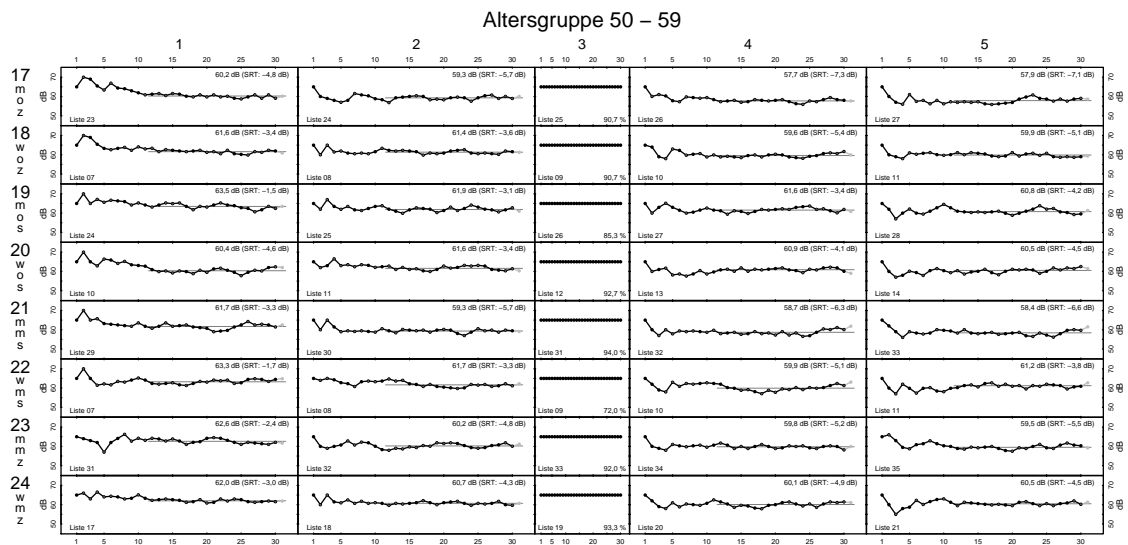


Abbildung 7.13: SRT-Resultate der Altersgruppe 50-59 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

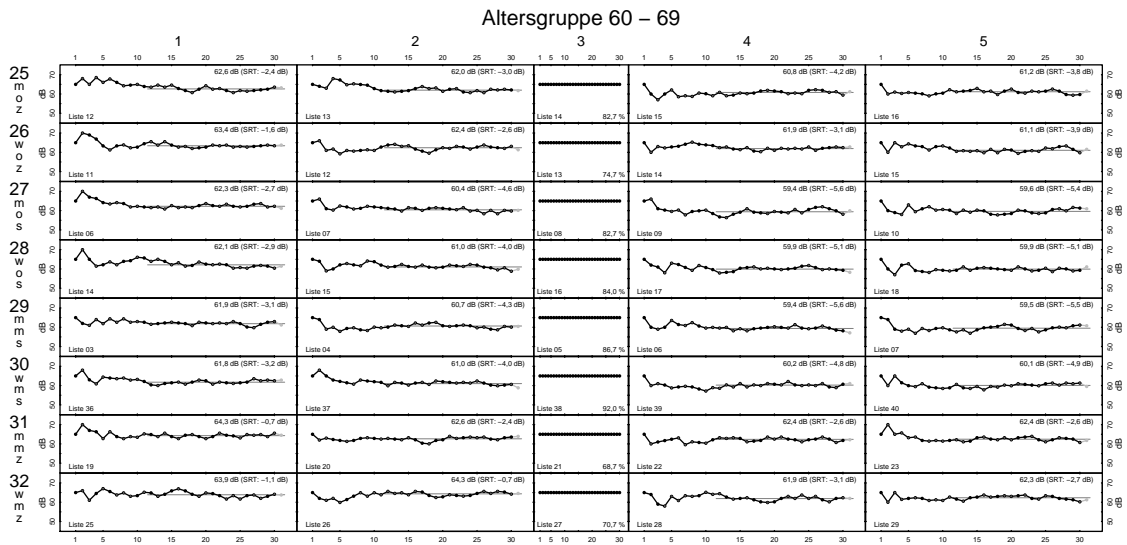


Abbildung 7.14: SRT-Resultate der Altersgruppe 60-69 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

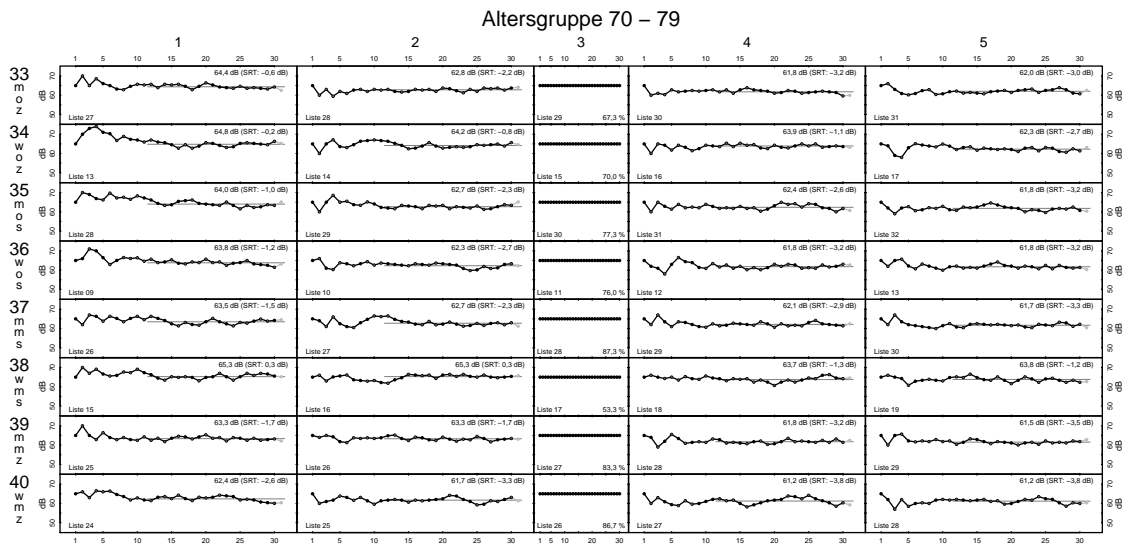


Abbildung 7.15: SRT-Resultate der Altersgruppe 70-79 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

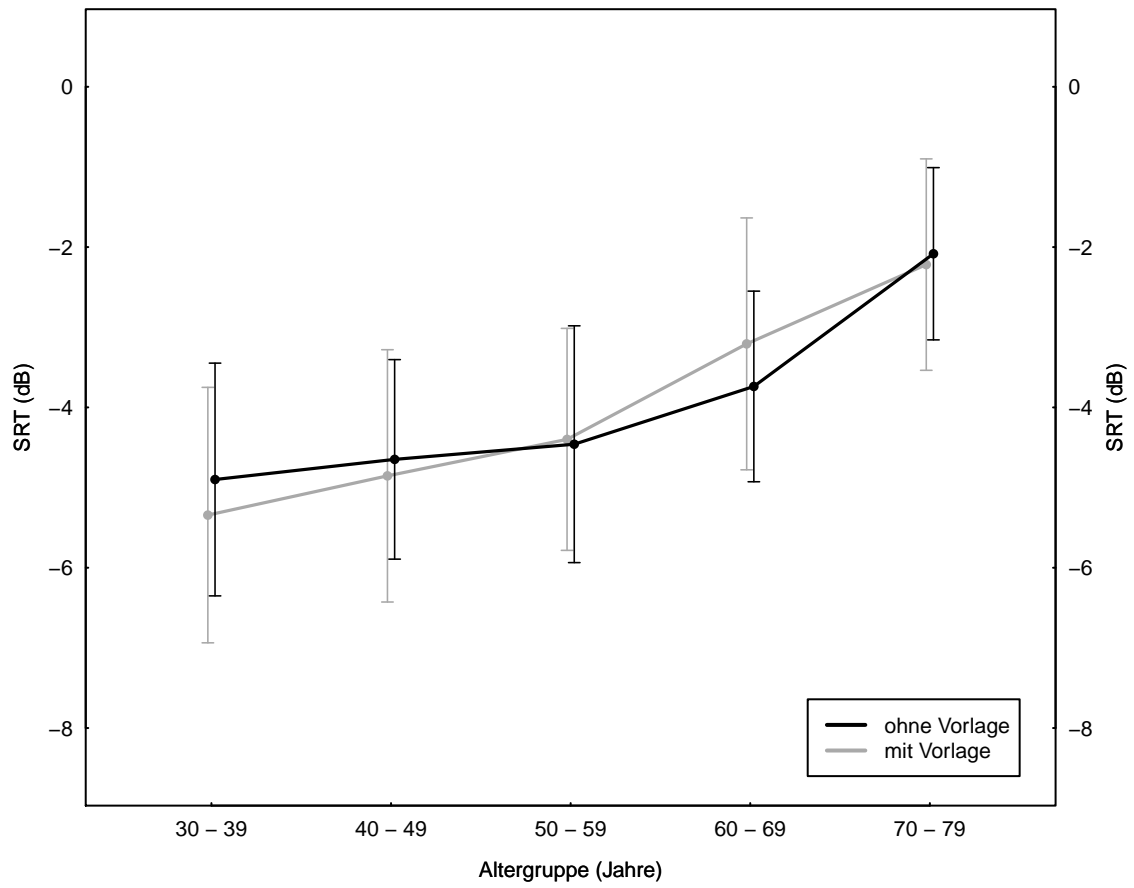


Abbildung 7.16: SRT und Altersgruppen mit Vorlagendarbietung

7.4 Sprachverständlichkeitsbestimmung (3-D-Plots)

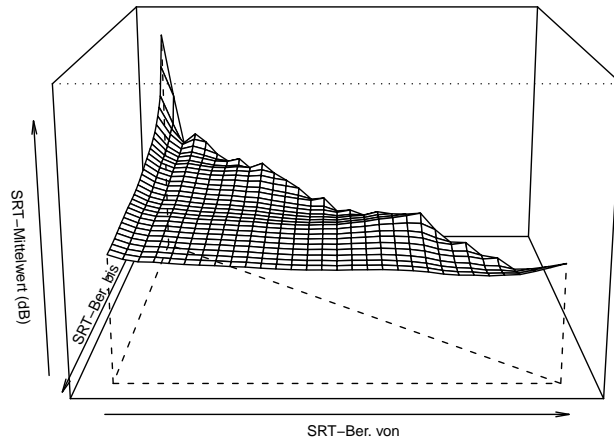


Abbildung 7.17: 3-D-Plot mit den SRT-Mittelwerten der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 30-39

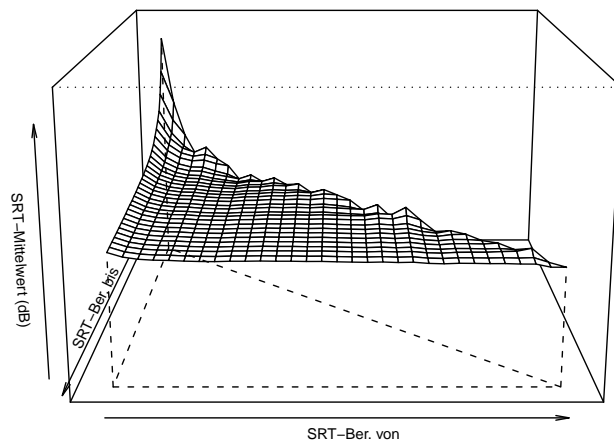


Abbildung 7.18: 3-D-Plot mit den SRT-Mittelwerten der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 40-49

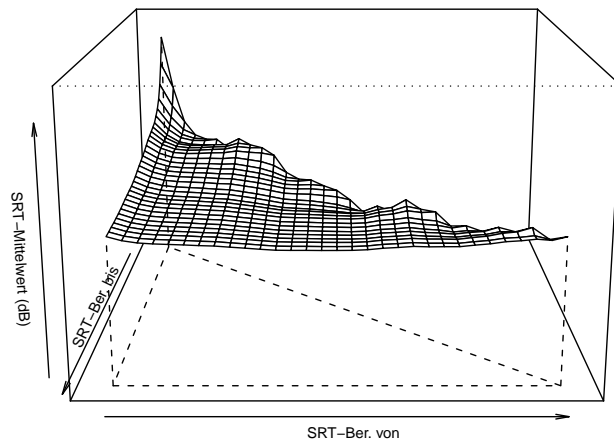


Abbildung 7.19: 3-D-Plot mit den SRT-Mittelwerten der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 50-59

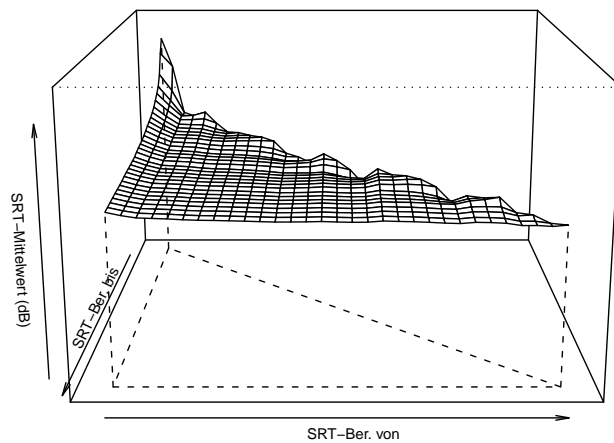


Abbildung 7.20: 3-D-Plot mit den SRT-Mittelwerten der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 60-69

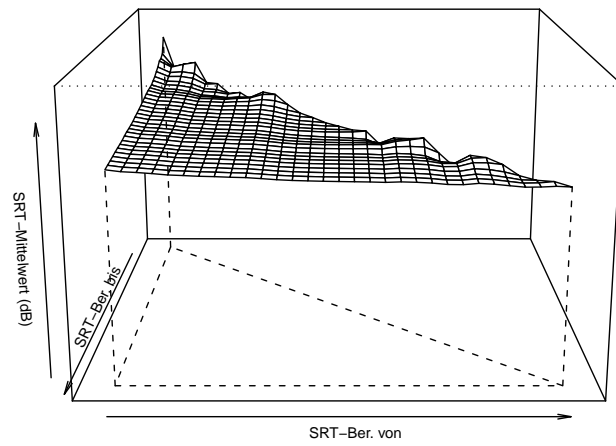


Abbildung 7.21: 3-D-Plot mit den SRT-Mittelwerten der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 70-79

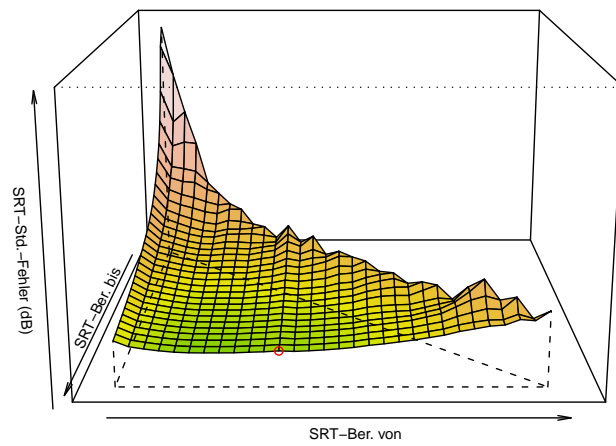


Abbildung 7.22: 3-D-Plot mit dem SRT-Standardfehler der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 30-39

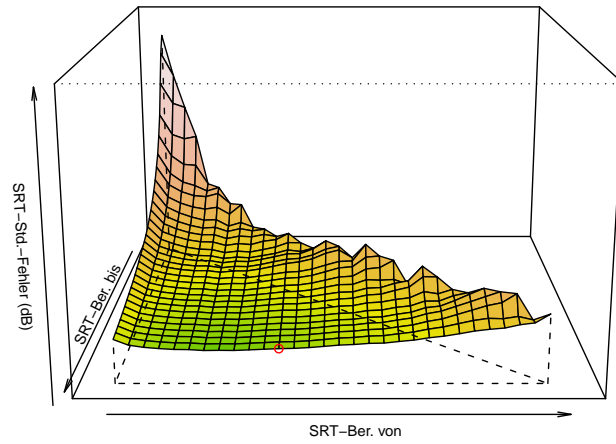


Abbildung 7.23: 3-D-Plot mit dem SRT-Standardfehler der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 40-49

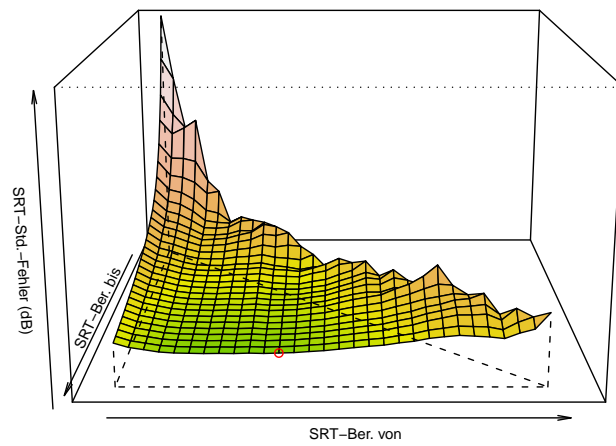


Abbildung 7.24: 3-D-Plot mit dem SRT-Standardfehler der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 50-59

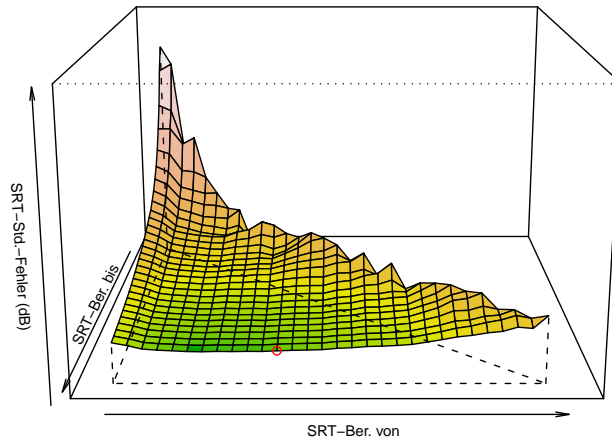


Abbildung 7.25: 3-D-Plot mit dem SRT-Standardfehler der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 60-69

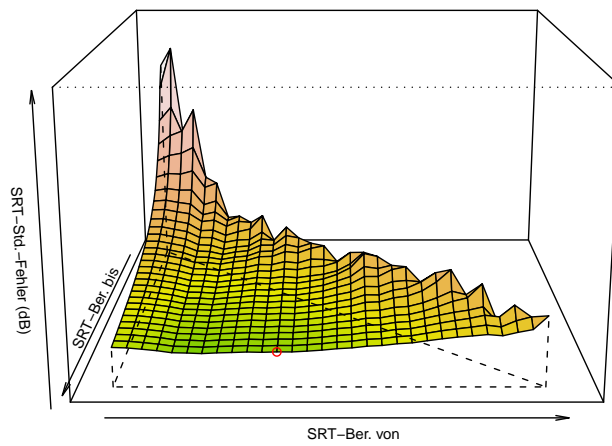


Abbildung 7.26: 3-D-Plot mit dem SRT-Standardfehler der Testläufe 1,2,4 und 5 der Altersgruppe 70-79

7.5 Antwortzeit (RTS)

Tabelle 7.1: Anova mit der Zielvariablen RTS und den Faktoren Altersgruppe, Testlauf und deren Interaktion

Faktor	df	QS	F	p	η^2
Altersgruppe (A)	4	2732,28	3,3	0,0124	0,0457
Testlauf (R)	4	17765,48	21,43	< 0,001	0,2974
A × R	16	2983,06	0,9	0,5705	0,0499
Residuen	175	36263,22			

Tabelle 7.2: Tukey-Test der Altersgruppen hinsichtlich des RTS im ersten Testlauf

Altersgruppe	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
30 - 39	0,8029	0,9982	0,8090	0,9603
40 - 49		0,9262	1,0000	0,4005
50 - 59			0,9298	0,8659
60 - 69				0,4072

Tabelle 7.3: Tukey-Test der Altersgruppen hinsichtlich des RTS im zweiten Testlauf

Altersgruppe	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
30 - 39	0,4783	0,9841	0,8590	0,9281
40 - 49		0,7942	0,9636	0,1259
50 - 59			0,9903	0,6756
60 - 69				0,3952

Tabelle 7.4: Tukey-Test der Altersgruppen hinsichtlich des RTS im dritten Testlauf

Altersgruppe	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
30 - 39	0,9966	0,9791	0,1850	0,4439
40 - 49		0,9995	0,3350	0,6589
50 - 59			0,4558	0,7850
60 - 69				0,9817

Tabelle 7.5: Tukey-Test der Altersgruppen hinsichtlich des RTS im vierten Testlauf

Altersgruppe	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
30 - 39	0,9836	0,2834	0,7691	0,9995
40 - 49		0,5834	0,9678	0,9978
50 - 59			0,9162	0,3951
60 - 69				0,8750

Tabelle 7.6: Tukey-Test der Altersgruppen hinsichtlich des RTS im fünften Testlauf

Altersgruppe	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
30 - 39	0,8755	0,2698	0,7661	0,9756
40 - 49		0,8111	0,9994	0,9963
50 - 59			0,9079	0,6025
60 - 69				0,9768

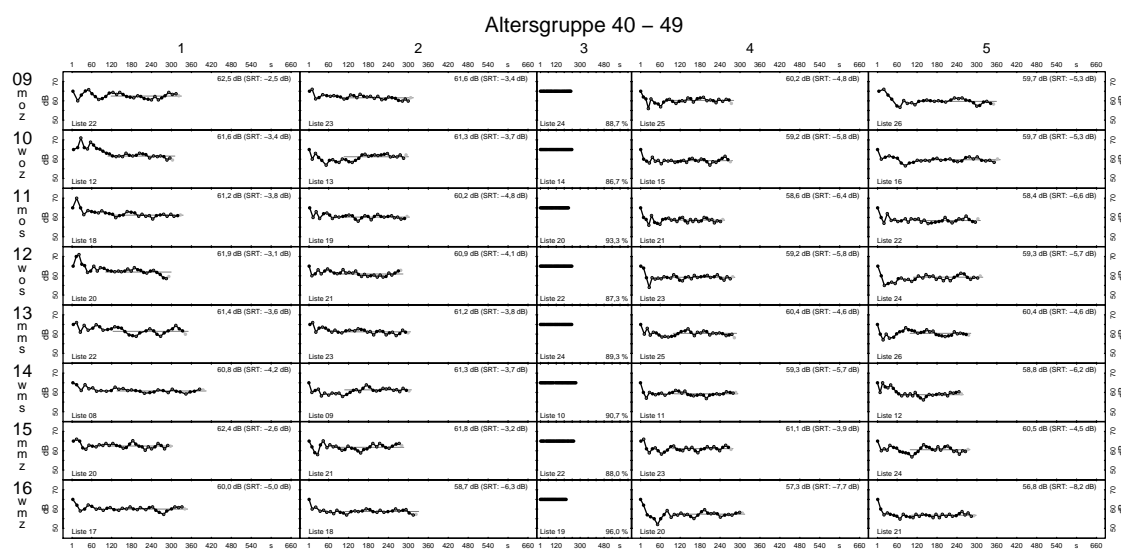


Abbildung 7.27: RTS-Resultate der Altersgruppe 40-49 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

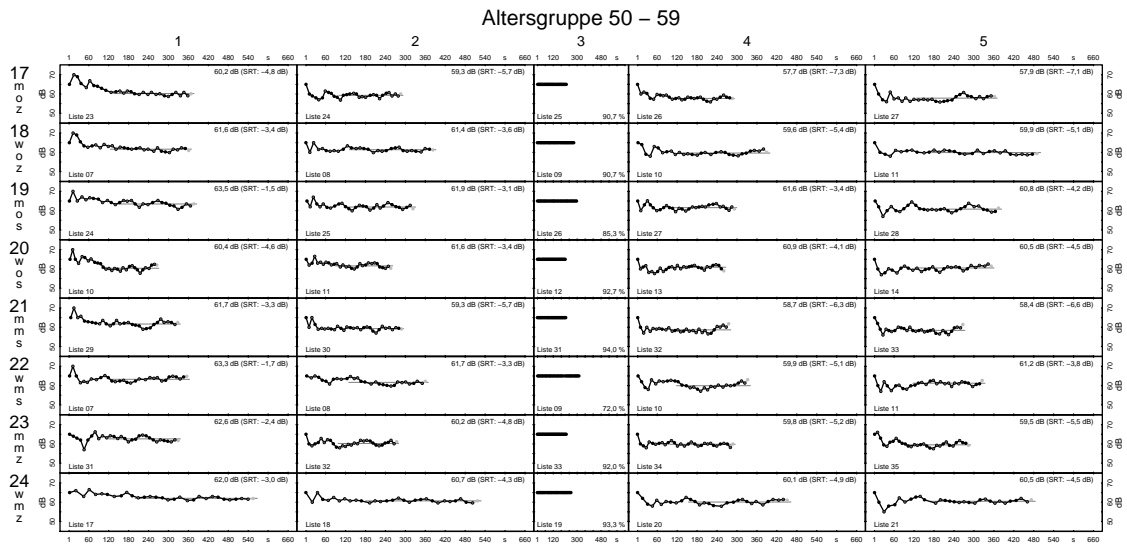


Abbildung 7.28: RTS-Resultate der Altersgruppe 50-59 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

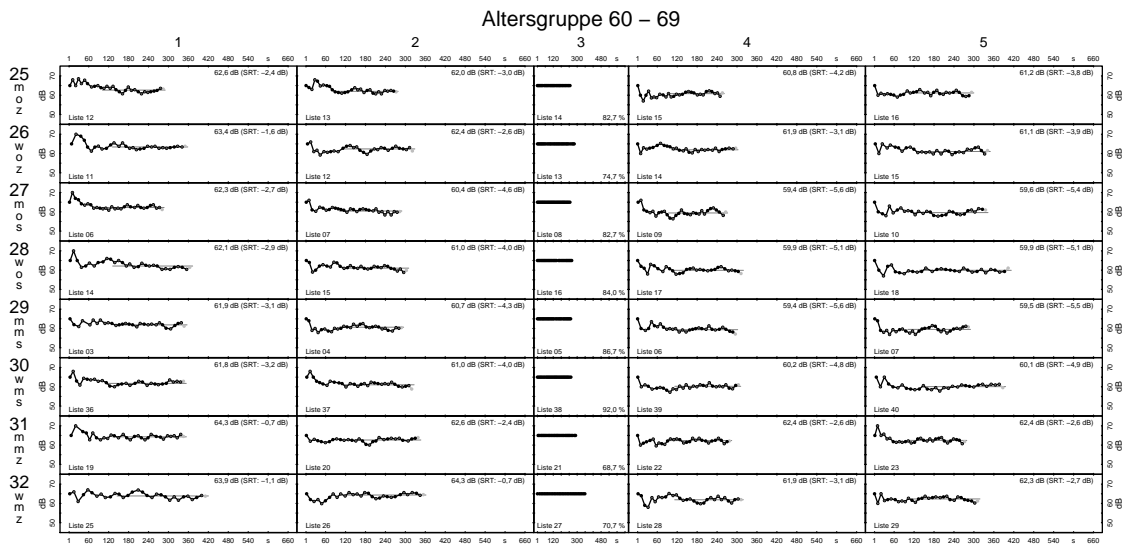


Abbildung 7.29: RTS-Resultate der Altersgruppe 60-69 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

Altersgruppe 70 – 79

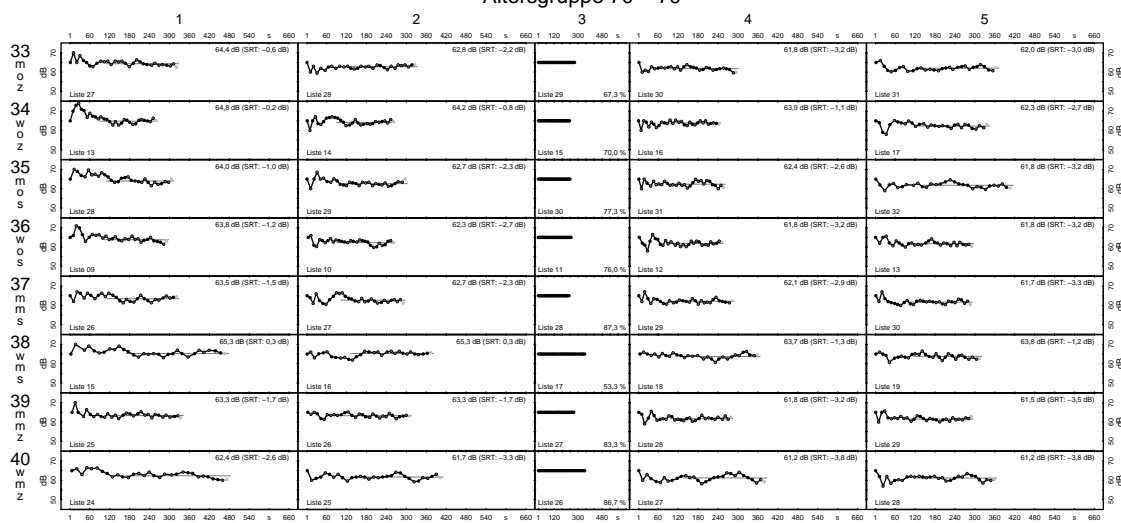


Abbildung 7.30: RTS-Ergebnisse der Altersgruppe 70-79 bei fünf Testläufen des Oldenburger Satztests

Danksagung

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr. h.c. Rudolf Hagen für die Übernahme der Dissertation.

Desweiteren danke ich Herrn Dipl.-Ing. Stefan Brill für die Betreuung.

Den Mitarbeitern der Kopfklinik in Würzburg danke ich für die Unterstützung.

Mein besonderer Dank gilt den Probanden, die es ermöglichten, diese Arbeit durchzuführen.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mich stets motivierte und stärkte.