

## AAC – Audio & Acoustics Consulting Aachen

Prof. Dr.-Ing. Anselm Goertz  
In der Linen 21  
52134 Herzogenrath

## TAC – Technische Akustik

Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz  
Fuggerstraße 3  
41352 Korschenbroich

### Arbeitsgebiete:

- Audiomesssysteme
- Beschallungsanlagen
- Lautsprecher
- Controller
- Planung, Design
- Tests
- Gutachten
- Schulung

### Unsere Leistungen:

- Raumakustik
- Bauakustik
- Elektroakustik
- Immissionsschutz
- Schwingungstechnik
- Beratung
- Messung
- Schulung
- Sachverständigen-gutachten

## Bericht AAC-TAC-1088-10

**Objekt:** Studie zur „Verbesserung der Sprachverständlichkeit für Hörbehinderte im öffentlichen Verkehr“ – Teil 3



Von der Industrie- und Handelskammer Mittlerer Niederrhein Krefeld – Mönchengladbach – Neuss öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Bau-, Raum- und Elektroakustik

Zertifizierte Güteprüfstelle nach DIN 4109  
VMPA-SPG-211-04-NRW

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG zur Ermittlung von Emissionen und Immissionen von Geräuschen

**Gegenstand:** Durchführung von Hörversuchen mit hörgeschädigten Personen

**Auftraggeber:** Bundesamt für Verkehr BAV  
Hanspeter Oprecht  
Mühlenstraße 6  
3063 Ittigen  
Schweiz

**Erstellt am:** 23. Dezember 2010

**Bearbeiter:** Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz  
Prof. Dr.-Ing. Anselm Goertz

**in Kooperation mit:** Dr.-Ing. Wolfgang Döring  
Klinik für HNO-Krankheiten und  
Plastische Kopf- und Halschirurgie  
Universitätsklinikum Aachen  
Pauwelsstr. 30  
52074 Aachen

## Zusammenfassung

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse des dritten Teils des Projektes des Bundesamtes für Verkehr (BAV) der Schweiz „*Verbesserung der Sprachverständlichkeit für Hörbehinderte*“ zusammen. Diese Studie wurde durchgeführt, um dem Vorgaben des Behindertengleichstellungsgesetzes nachzukommen, das auch für Hörbehinderte in öffentlichen Verkehrsräumen eine „gute“ Sprachverständlichkeit für die Wiedergabe von Informationen durch Beschallungssysteme fordert. Die Sprachverständlichkeit von Beschallungsanlagen wird heutzutage objektiv mit Hilfe des Speech Transmission Index (STI) qualifiziert. Der STI ist für Normalhörende entwickelt und korreliert sehr gut mit dem subjektiven Sprachverstehen. Bisher ist jedoch nicht bekannt und untersucht, wie der STI mit dem Sprachverstehen Hörbehinderter korreliert ist. Im Zuge der Umsetzung des Behindertengleichstellungsgesetzes sollen in öffentlichen Verkehrsräumen spezielle Zonen, sog. Hot Spots eingesetzt werden, in denen Hörbehinderte mit einer „guten“ Sprachqualität versorgt werden. Hierzu ist der objektive STI der Beschallungsanlage entsprechend zu erhöhen, um die in der Regel trotz Hörhilfe verminderte Hörfähigkeit gegenüber den Normalhörenden auszugleichen.

Die Frage, wie weit der STI schließlich angehoben werden muss, um für Hörbehinderte in den speziellen Zonen eine ähnliche Sprachverständlichkeit zu erzielen wie für Normalhörende in den restlichen Raumbereichen, sollte mit Hilfe eingehender Hörversuche beantwortet werden. Da für Normalhörende gemäß einschlägiger Normen (DIN EN 60849, VDE 0833-4) ein STI von mindestens  $STI = 0,5$  erreicht werden muss, war die Frage zu beantworten, welchen STI nunmehr Hörbehinderte benötigen, um eine gleiche Verständlichkeit zu erzielen. Maßgebend ist hier die Satzverständlichkeit, die bei einem  $STI = 0,5$  für Normalhörende 95 % beträgt.

Da Hörbehinderung sehr unterschiedlicher Natur und Auswirkung sein können, wurden für die Hörversuche für jeden Hörverlustgrad mehrere Versuchspersonen ausgewählt. Zudem wurde eine Gruppe von Normalhörenden als Referenz mit in die Versuche einbezogen. Vor den Hörversuchen wurden eine Reihe von Vortests durchgeführt, die das Hörvermögen der jeweiligen Probanden explizit aufzeigte. So wurde neben der Ermittlung von Reinton- und Sprachaudiogrammen ein AAST Test mit zusätzlicher Ermittlung des binauralen Gewinns durchgeführt. Insgesamt sollten mindestens 20 Hörbehinderte an den Versuchen teilnehmen. Nach den Vortests ergab sich folgende Aufteilung der Probanden je Hörverlustgrad: 6 Normalhörende (Referenz), 7 Probanden mit leichter Schwerhörigkeit, 8 mit mittelgradiger Schwerhörigkeit, 5 mit hochgradiger Schwerhörigkeit und 5 Probanden, die als taub oder an Taubheit grenzend einzustufen waren.

Als Testmaterial für die Hörversuche diente der sog. HSM-Satztest. Dieser wurde mit Störgeräuschen und Nachhall signaltechnisch vorverarbeitet und auf einen bestimmten STI-Wert „eingestellt“. Insgesamt wurden 3 Versuchsreihen kreiert, bei denen durch Manipulation der Testsignale unter Hinzufügen von Störgeräuschen STI-Werte von  $STI = 0,48$  bis  $0,75$  in Stufen zu  $\Delta STI = 0,03$  erzeugt wurden.

Die Hörversuche zeigen, dass für Normalhörende bereits bei einem  $STI = 0,5$  die Satzverständlichkeit erwartungsgemäß ca. 95 % beträgt und durch Erhöhung des  $STI$  nicht signifikant gesteigert werden konnte.

Wenngleich die Gruppe der Hörbehinderten Probanden mit 25 Personen gemessen an den möglichen Hörstörungenarten und Auswirkungen vergleichsweise klein ist, können dennoch aus den Ergebnissen grundlegende Aussagen abgeleitet werden.

Die Ergebnisse der Hörversuche für die Gruppe der Hörbehinderten zeigten sich erwartungsgemäß sehr unterschiedlich. Die Spannweite der ermittelten Sprachverständlichkeit reicht für den Fall der Störung durch Nachhall und einem  $STI = 0,48$  von 10 % - 100 % bis hin zu einem Bereich von 55 % - 100 % bei einem  $STI = 0,75$ . Bedeutend ist, dass die Ergebnisse für die Beeinflussung durch Störschall durchweg viel besser ausfallen, als die Ergebnisse bei Störung durch Nachhall. Bei Beeinflussung durch Störschall werden Sprachverständlichkeiten bei  $STI = 0,48$  von 50 % - 100 % bis hin zu einem Bereich von 80 % - 100 % bei einem  $STI = 0,75$  erreicht.

Die Auswertung der Satzverständlichkeit als Mittelwert über alle hörbehinderten Probanden zeigt, dass diese bei Störung durch Nachhall bei  $STI = 0,48$  kleiner ist als 50% und ab einem  $STI = 0,7$  auf ca. 85 % gesteigert werden kann. Bei Störung durch Störgeräusche werden für einen  $STI = 0,48$  immerhin 65 % Satzverständlichkeit erreicht, die sich für eine  $STI = 0,7$  auf ca. 90 % steigern lässt.

Aus den Ergebnissen geht weiterhin hervor, dass der Mittelwert der Satzverständlichkeit ab einem  $STI \approx 0,7$  bei weiterer Erhöhung auf  $STI = 0,72$  und  $STI = 0,75$  nicht mehr signifikant ansteigt. Ferner zeigt sich, dass auch die zugehörige Wortverständlichkeit, die bei den Tests zusätzlich ausgewertet wurde, auch oberhalb von  $STI = 0,7$  nicht mehr signifikant ansteigt.

Die Versuchsreihe 3 mit den unterschiedlichen Verhältnissen von Nachhall und Störgeräusch bei einem konstanten  $STI$  zeigten für die Hörbehinderten keine erkennbaren Unterschiede. Vielmehr scheint das Mischungsverhältnis von Störgeräusch und Nachhall entgegen den Ergebnissen der Normalhörenden keinen großen Einfluss zu besitzen.

Somit geht aus den Versuchsergebnissen eindeutig hervor, dass Hörbehinderte deutlich empfindlicher auf Störungen durch Nachhall reagieren als Normalhörende. Dies insbesondere, wenn der  $STI$  deutlich unter 0,7 abfällt.

Aufgrund der durch diese Studien gewonnenen Ergebnisse lässt sich ableiten, dass für Hörbehinderte bei der Darbietung von Informationen über eine Beschallungsanlage ein  $STI \geq 0,7$  vorherrschen muss, um eine Satzverständlichkeit von 85 % – 90% zu erzielen, die damit nicht ganz der Satzverständlichkeit der Normalhörenden bei einem  $STI = 0,5$  gleicht, dieser aber sehr nahe kommt.

Es wird daher empfohlen, die Anforderung für den  $STI$  an besonderen Zonen für Hörbehinderte (Hot Spots) auf  $STI \geq 0,7$  festzulegen. Um räumliche Schwankungen mit zu erfassen, sollte die Anforderung analog zu den einschlägigen Regelwerken als Mittelwert abzüglich der räumlichen Standardabweichung formuliert werden ( $STI_{MW - Stabw} \geq 0,7$ ).

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	2
Inhaltsverzeichnis .....	4
1 Einleitung .....	5
2 Normen, Richtlinien und verwendete Unterlagen.....	7
3 Versuchsdurchführung.....	8
3.1 Allgemeine Vorbemerkungen .....	8
3.2 Auswahl der Hörversuchsparameter.....	9
3.3 Versuchspersonen.....	9
3.4 Auswahl des Testmaterials .....	10
3.5 Generierung des Testmaterials .....	10
4 Durchführung der Hörversuche.....	13
4.1 Hörtests zur Auswahl der Probanden .....	15
4.2 Ergebnisse der Vorversuche für Normalhörende.....	16
4.3 Ergebnisse der Vorversuche für die Gruppe der Hörbehinderten.....	18
5 STI Hörversuch für die Gruppe der Normalhörenden .....	22
5.1 Versuchsergebnisse .....	22
5.2 Zusammenfassung und Interpretation der Versuchsergebnisse für die Gruppe der Normalhörenden.....	28
6 STI Hörversuche für die Gruppe der Hörbehinderten .....	29
6.1 Versuchsergebnisse .....	29
6.2 Zusammenfassung und Interpretation der Versuchsergebnisse.....	42
Anhang A: HSM Satztest.....	44

## 1 Einleitung

Die Sprachverständlichkeit von Beschallungsanlagen aller Art wird heutzutage in der Regel „objektiv“ mit Hilfe des STI „Speech Transmission Index“ bewertet. Dieser Kennwert, der die Verständlichkeit der Sprache einer Beschallungsanlage auf einer Skala von 0 bis 1 abbildet, wurde Anfang der siebziger Jahre entwickelt, um anstelle der bis dahin durchgeführten subjektiven Sprachtests ein objektives Verfahren zu haben, das ohne entsprechend aufwändige Tests mit Versuchspersonen auskommt. Das Verfahren wurde im Laufe der Jahre sehr stark weiterentwickelt, so dass der nach heutigen Methoden objektiv bestimmbare STI-Index mit wenigen Ausnahmen sehr gut mit dem subjektiven Sprachverstehen korreliert. Aus diesem Grund ist der STI-Index heute für Beschallungsanlagen der wichtigste Parameter, der über die Beschallungsqualität einer Anlage Auskunft gibt. In ihm sind andere Parameter wie Sprachpegel und Störgeräuschniveau bereits entsprechend berücksichtigt.

Während die Korrelation des STI-Index mit dem subjektiven Sprachempfinden für normalhörende Personen sehr weit untersucht ist, gibt es leider bislang nur sehr wenig Information darüber, wie der STI-Index mit dem Sprachverstehen Hörbehinderter korreliert. Der Grund hierfür scheint zu sein, dass es in den letzten Jahren schon sehr großer Anstrengung bedurfte, für normalhörende Personen eine Mindestsprachverständlichkeit und somit einen Mindest-STI-Index standardmäßig für Beschallungsanlagen sowie für Notfallwarnsysteme im öffentlichen Bereich einzuführen und durchzusetzen.

Wenngleich auch heute viel zu oft bei Beschallungsanlagen im öffentlichen Bereich die Anforderungen an die Beschallungsqualität und die Sprachverständlichkeit für normalhörende Personen nicht erreicht werden, beabsichtigt das Bundesamt für Verkehr der Schweiz für die Verkehrsträger der Schweiz bei der Übertragung von Kundeninformationen auch die Bedingungen für Hörbehinderte zu verbessern. Die Grundlage hierfür bildet das seit dem 1. Januar 2004 in der Schweiz geltende Behindertengleichstellungsgesetz (BehiG), das insbesondere auch für Kommunikationssysteme im öffentlichen Verkehr anzuwenden ist. Im Zuge der Umsetzung des Behindertengleichstellungsgesetzes sind die heute gültigen Anforderungen an die Hörbehindertengerechtigkeit zu überarbeiten, da diese *„im Grundsatz den Vorgaben des Behindertengleichstellungsgesetzes nicht entsprechen“*. So ist in den heutigen Vorschriften des VAböV festgelegt, dass akustische Informationen im ÖV für Hörbehinderte *„gut verständlich“* sein müssen. Was *„gut verständlich“* bedeutet, ist jedoch nicht beschrieben, so dass die Frage, welche Sprachverständlichkeit für Hörbehinderte „gut“ ist und somit welcher STI-Index schließlich erzielt werden muss, offen bleibt. Der Ansatz, die Sprachverständlichkeit einfach grundsätzlich, d.h. überall, entsprechend zu verbessern, scheitert meist an den folgenden Faktoren:

- a.) Die Sprachverständlichkeit ist bei störschallerfüllter Umgebung maßgeblich auch mit dem Sprachpegel verknüpft. Eine generelle Anhebung des Sprachpegels würde im öffentlichen Bereich im emissionstechnischen Sinne zu übermäßigen Schallimmissionen bei den Anwohnern führen.

- b.) In vielen öffentlichen Raumbereichen sind die akustischen Randbedingungen (Störgeräuschniveau, Nachhallniveau) so schlecht, dass eine grundsätzliche flächendeckende Verbesserung der Beschallungsqualität nur mit erheblichem Aufwand oder überhaupt nicht möglich ist.

Daher sollen sowohl an öffentlichen Haltepunkten als auch in Fahrzeugen für Hörbehinderte zumindest in speziell ausgewiesenen Bereichen sog. „Hot Spots“ eingerichtet werden, in denen die Sprachverständlichkeiten so verbessert werden, dass dort für Hörbehinderte das Sprachverstehen dem normalhörender Personen außerhalb der Hot Spots entspricht.

Derzeit ist jedoch völlig unklar, welcher Unterschied ( $\Delta$ STI) hinsichtlich der objektiven Sprachverständlichkeit STI im Hot-Spot-Bereich realisiert werden muss, um das obige Ziel zu erreichen. Dabei wird der zu fordernde  $\Delta$ STI-Wert zum einen vom STI-Niveau selber abhängen, das derzeit in den öffentlichen Bereichen vorhanden ist. Zum anderen wird die Art der Hörschädigung der Personen den notwendigen  $\Delta$ STI-Wert mitbestimmen.

Im Rahmen eines größeren Projektes des Bundesamtes für Verkehr (BAV) wurden daher verschiedene Untersuchungen in Auftrag gegeben. Um hier schnellstmöglich zu Aussagen zu kommen, die eine entsprechende Handlungsfähigkeit und Umsetzung erlauben, ist das ausgeschriebene Projekt in drei Teile aufgeteilt:

1. Bestimmung der objektiven Beschallungsqualität (STI-Index) des Ist-Zustandes an mehreren Bahnhöfen in den verschiedenen Bahnhofsbereichen
2. Bestimmung der objektiven Beschallungsqualität (STI-Index) des Ist-Zustandes in Bahnwagen
3. Durchführung von Hörversuchen zur Sprachverständlichkeit an 20 hörbehinderten Versuchspersonen und Ableitung des notwendigen  $\Delta$ STI

Die Untersuchungen zu den Teilprojekten 1 und 2 wurden bereits durchgeführt. Der vorliegende Bericht beschäftigt sich nunmehr mit dem Teilprojekt 3, der die Grundlage für die Festlegung eines  $\Delta$ STI-Wertes bilden soll. Dieser Bericht fasst die wesentlichen Untersuchungen und Ergebnisse zusammen.

Die Grundlagen zur Theorie des Sprachverständlichkeitsindex STI sind bereits im Projektbericht Teil 1 ausführlich erläutert worden. Diese werden in diesem Bericht daher nicht noch einmal wiederholt, sondern als bekannt vorausgesetzt.

**Der Projektteil 3 wurde in Zusammenarbeit mit der HNO Klinik des Universitätsklinikums in Aachen, Herrn Dr.-Ing. Wolfgang Döring, durchgeführt. Dem Klinikum oblag insbesondere die Aufgabe der Auswahl der Probanden, der Durchführung der Vorversuche sowie die Durchführung der Hörtests.**

## **2 Normen, Richtlinien und verwendete Unterlagen**

- [1] DIN EN 60849, Ausgabe: 1999-05  
Elektroakustische Notfallwarnsysteme (IEC 60849:1998); Deutsche Fassung EN 60849:1998
- [2] DIN EN ISO 3382-2, 2008-09  
Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen (ISO 3382-2:2008); Deutsche Fassung EN ISO 3382-2:2008
- [3] DIN EN 60268-16 Norm, 1999-02  
Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex; Deutsche Fassung EN 60268-16:1998
- [4] DIN EN 60268-16 Norm , 2004-01  
Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex (IEC 60268-16:2003); Deutsche Fassung EN 60268-16:2003
- [5] Hochmair-Schulz-Moser (HSM) Satztest  
Westra CD Nr. 5

### 3 Versuchsdurchführung

#### 3.1 Allgemeine Vorbemerkungen

Die Durchführung von Hörversuchen zur Ermittlung eines geeigneten STI für Hörbehinderte unterliegt a priori erheblichen Schwierigkeiten. Bei genauerer Betrachtung der später beschriebenen Hörversuchsdetails wird augenscheinlich, dass es eine Unzahl von verschiedenen Parametern gibt, die in einem solchen Hörversuch variiert und abgeprüft werden müssen, um eine entsprechend wissenschaftlich belastbare Aussage zu erhalten. Einige dieser Parameter sind nachfolgend stichwortartig aufgeführt:

##### Versuchspersonen

- Einteilung der Schwerhörigkeit in verschiedene Kategorien
- Auswahl der Anzahl Hörbehinderter je Kategorie
- Differenzierung der Hörbehinderung nach ein- oder beidohriger Behinderung
- Festlegung eines Prozedere zur Feststellung der Eignung

##### Auswahl des Testmaterials

- Auswahl des Testmaterials (Wort- oder Satztests)

##### Generierung der Testsignale

- Generierung der Testsignale für Störgeräusche
  - Wahl der Störgeräuschart (transient oder stationär)
  - Wahl des Störgeräuschspektrums
  - Art des Störgeräusches (diffus oder richtungsbezogen)
- Generierung der Testsignale für Störung durch Nachhall
  - Wahl der Nachhalllänge
  - Wahl des Reflexionsmusters (Reflexionsdichte)
  - Wahl des Nachhallspektrums

##### Schallfeldgenerierung

- Art der Signaldarbietung (Generierung eines künstlichen Schallfeldes)
- Wahl der Schalleinfallrichtung für den Nutzschall

##### Durchführung der Hörversuche

- Anzahl der Hörversuche je geprüftem STI je Proband
- Herstellung eines optischen Bezuges



### 3.2 Auswahl der Hörversuchsparameter

Die in Abschnitt 3.1 dargestellte Parameterliste zeigt bereits ohne detailliertere Betrachtung, dass die Abdeckung aller Varianten und vorkommenden Möglichkeiten das Zeit- und Finanzbudget des Projektes in erheblichem Maße gesprengt hätte. Daher wurden in Absprache mit dem Auftraggeber die Versuchsparameter deutlich reduziert. Die Reduktion wurde dabei so durchgeführt, dass die Ergebnisse der Hörversuche immer noch eine vergleichsweise sichere Aussage erwarten lassen.

### 3.3 Versuchspersonen

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde festgelegt, die Hörversuche mit insgesamt 20 Hörbehinderten sowie 5 normalhörenden Personen durchzuführen. Die Aufteilung der Anzahl der Probanden wurde dabei wie folgt festgelegt:

- Personen an der Indikationsgrenze gemäß Heil- und Hilfsmittelverordnung für Hörgeräteversorgung (40% = 8 Personen)
- Personen mit Hörgeräteversorgung (50% = 10 Personen)
- Personen mit Cochlea Implantat (10% = 2 Personen)

Die Probanden wurden aus der Gruppe der im Klinikum Aachen versorgten Patienten ausgewählt. Um aus der Gruppe der hörgeschädigten Personen 20 geeignete Probanden auszusuchen, wurden an allen Probanden folgende Voruntersuchungen für jeden Probanden durchgeführt.

- Tonschwellenaudiogramm über Kopfhörer; Sprachaudiogramm mit dem Freiburger Test für Zahlwörter und Einsilber, seitengetrent über Kopfhörer;
- Sprachaudiometrie im Schallfeld binaural mit dem Freiburger Test mit Hörhilfen, Sprache von vorn;
- Sprachverstehen im Störschall unter räumlichen Bedingungen mit kongruenten (SoNo) und räumlich getrennten Schallquellen (SoNre, SoNli) mit Hilfe des AAST (Adaptiver auditorischer Sprach Test nach Coninx).

Als Ergebnis erhält man hier das jeweilige Signal-Rausch-Verhältnis für 50% Verständlichkeit (SNR50), das eine Aussage darüber liefert, ob die Person in der Lage ist, räumliche Signalmerkmale vorteilhaft für das Sprachverstehen zu nutzen. Als Grenzwert für das Einsilberverstehen in Ruhe mit Hörhilfen wurde zunächst die 50% Grenze angesetzt, was bei Normalhörenden zu einem Satzverstehen von ca. 90% führt. Ferner war Bedingung, dass der Proband die Hörhilfen mindestens drei Monate trägt und Deutsch als Muttersprache hat oder zumindest akzentfrei spricht. Grundsätzlich wurden einseitig wie beidseitig versorgte Probanden berücksichtigt.

### 3.4 Auswahl des Testmaterials

Für die Durchführung der Hörversuche sind in der Audiologie verschiedene Silben- und Satztests etabliert. Im vorliegenden Fall war die Durchführung von reinen Silbentests jedoch ungeeignet, weil der STI der generierten Testsignale einerseits über das Hinzufügen von Störgeräusch andererseits aber auch durch das Hinzufügen von Nachhall variiert wurde. Während sich das Hinzufügen von Störgeräusch gleichermaßen auf die Silben- wie Satzverständlichkeit auswirkt, ist dies bei der Manipulation mit Nachhall nicht gegeben. Da sich ein Nachhallfeld erst aufbauen muss, bevor es seine volle Störwirkung erzeugt, sind bei einer durch Nachhall gestörten Umgebung die ersten Silben eines Satzes meist vergleichsweise gut zu verstehen. Erst nach ein paar Silben werden die nachfolgenden Sprachanteile vom Nachhall der vorangegangenen Silben teilweise verdeckt. Insofern musste im vorliegenden Fall ein Satztest zum Einsatz kommen.

Da, wie später beschrieben, alle Sätze einzeln hinsichtlich ihres STI-Wertes signaltechnisch bearbeitet wurden, konnte auch der weit verbreitete Oldenburger Satztest nicht eingesetzt werden, da der Ablauf adaptiv so gesteuert wird, dass das SNR für eine 50%-ige Verständlichkeit erreicht wird. Hier besteht jedoch die Fragestellung darin, die Verständlichkeit für einen vorgegebenen STI-Wert zu bestimmen, so dass dieser Satztest für die notwendige signaltechnische Vorverarbeitung ungeeignet erscheint. Zudem sind die Wörter aller Sätze in einer festen grammatikalischen Struktur und positionsbezogen austauschbar, so dass eine deutlich geringere Vorhersagbarkeit der einzelnen Wörter besteht als es wegen der Kontextinformation von Durchsagen dort der Fall ist.

Schließlich wurde der Satztest nach Hochmair-Schulz-Moser (HSM-Satztest) als Grundlage für die Hörtests ausgewählt. Dieser Satztest (Westra CD Nr. 15) besteht aus 30 Listen mit je 20 Alltagssätzen, wobei jede Liste aus insgesamt 106 Wörtern besteht. Die Anzahl der Wörter je Satz ist unterschiedlich und reicht von 3 – 8 Wörtern je Satz. Alle Sätze des HSM Satztests sind im Anhang A abgebildet.

### 3.5 Generierung des Testmaterials

In der Praxis wird die Sprachverständlichkeit von Sprachansagen durch Störgeräusche, durch Nachhall und durch eine Kombination von Störgeräuschen und Nachhall verschlechtert. Insofern sollen alle drei Situationen im Rahmen der Hörversuche nachgebildet werden.

Wenngleich in natürlichen Hörumgebungen, wie Bahnhöfen o.ä. der Störschall immer sehr zeit- und frequenzabhängig ist, wurde für die Versuche ein konstanter Störschall zur Generierung der Testsignale gewählt. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Versuchsbedingungen für alle Versuche konstant und somit untereinander vergleichbar sind. Das Störgeräusch wurde spektral mit dem mittleren Störgeräuschspektrum vorbeifahrender Züge, die im ersten Projektteil bei Messungen auf verschiedenen Bahnhöfen der Schweiz gewonnen wurden, gewichtet. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden für die Kategorien Störschall, Nachhall jeweils 10 verschiedene STI-Stufen von  $STI = 0,48$  bis  $STI = 0,75$  in Stufen von  $\Delta STI = 0,03$  gebildet. Da gemäß einschlägiger Richtlinien der Mindestwert für Beschallungsanlagen bei einem  $STI = 0,5$  liegt, wurde der untere Wertebereich hier begrenzt. Ferner wurde der STI-Wertebereich nach oben begrenzt, weil die Realisierung eines  $STI \geq$

0,75 später in der Praxis vergleichsweise schwierig ist. Die Intervallabstufung von 0,03 wurde gewählt, weil gemäß einschlägiger Literatur diese Abstufung als Stufe von hörbaren Unterschieden zwischen zwei STI-Werten gilt.

Für die Generierung der Testsignale bei Störung mit Nachhall wurde in einer großen leerstehenden Fabrikhalle der Nachhall mit einer 8-kanaligen Mikrofonanordnung mit der Impulsmethode gemessen und aufgezeichnet. Die Mikrofone besaßen eine nierenförmige Richtcharakteristik und waren an den Ecken eines würfelförmigen Gestells mit der Kantenlänge von 0,5 m montiert. So konnten 8-kanalige richtungsbezogene Aufnahmen erstellt werden. Die Wiedergabe erfolgte ebenfalls über eine 8-kanalige Anordnung (siehe Abschnitt 4). Der Vorteil dieser Aufnahme- und Wiedergabetechnik ist, dass prinzipiell Phantomschallquellen aus jeder Schalleinfallrichtung in der Horizontalebene als auch der Medianebene abgebildet werden können und sich auch ein nahezu ideales räumlich diffuses Schallfeld generieren lässt.

Um einen exakten Vergleich zwischen den beiden Störarten Störschall und Nachhall zu erhalten, wurde bei den Hörversuchen mit Nachhall derselbe STI-Wertebereich von  $STI = 0,48 - 0,75$  der nachhallgestörten Signale produziert. Die unterschiedlichen STI-Niveaus wurden dabei durch die signaltechnische Nachbearbeitung der Nachhalllänge eingestellt. Die Nachhalllänge wurde künstlich durch exponentielle Gewichtung der Impulsantwort variiert.

So wurde jeweils ein Track (20 Sätze) des HSM Satztestes mit einem Störschall oder Nachhall entsprechend einem spezifischen STI-Niveau signaltechnisch vorverarbeitet. Die Tracks 4-13 wurden dabei durch Nachhall gestört, die Tracks 14-23 mit entsprechend unterschiedlichen Störgeräuschen versehen.

Bei der Untersuchung der Kombination aus Störschall und Nachhall wurde der STI mit  $STI = 0,5$  konstant gelassen, jedoch das Verhältnis von Störschalleinfluss und Nachhalleinfluss gegeneinander verändert. Aus diesem Versuch sollte abgelesen werden, ob sich die Störung durch Nachhall und Störschall unterschiedlich auf die Sprachverständlichkeit bei Hörbehinderten auswirkt. Um den Versuchsaufwand in Grenzen zu halten, wurde dieser Versuch „nur“ für ein STI-Niveau aber bei 10 unterschiedlichen Nachhall-Störgeräuschkombinationen durchgeführt. Hierfür wurden die Tracks 24-33 genutzt. Die Versuchsreihe mit Nachhall-Störgeräuschkombinationen begann bei Track 24 mit einem S/N von 4 dB und wurde schrittweise auf  $S/N = 14,7$  dB verbessert. In gleicher Weise wurde der Anteil des Nachhalls gesteigert, so dass für aufsteigende Tracknummern der Rauschanteil ab- und der Hallanteil zunahm, der resultierende STI jedoch konstant bei  $STI = 0,5$  lag. Tabelle 3.1 zeigt eine Übersicht über die insgesamt 30 verschieden präparierten Satzgruppen. Dabei ist für die Versuchsreihe auch der S/N angegeben sowie der theoretische STI ohne Störgeräusch. Hieraus lässt sich das Verhältnis von Hall- und Störgeräuscheinfluss ablesen.

<b>Realisierter STI der 10 Konfigurationen mit je 20 Sätzen</b>										
<b>Versuchsreihe</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1 Nachhall</b>	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75
<b>2 Störgeräusch</b>	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75
<b>3 Kombination Nachhall und Störgeräusch</b>										
<b>realisierter STI</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>
<b>S/N</b>	4,0	4,4	5,0	5,7	6,2	7,2	8,2	10,2	12,2	14,7
<b>theoretischer STI ohne Störgeräusch</b>	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69	0,66	0,63	0,60	0,57	0,54

Tabelle 3.1: STI-Stufen der verschiedenen Versuchsreihen

## 4 Durchführung der Hörversuche

Die Hörversuche wurden in einem speziellen stark bedämpften Abhörraum des Universitätsklinikums in Aachen durchgeführt. Als Abhöreinrichtung diente eine 8-kanalige Audioanlage.



Bild 4.1: Abhörraum der HNO Klinik im Universitätsklinikum Aachen

Die Lautsprecher waren jeweils an den Ecken eines Würfels mit der Versuchsperson in der „Würfelmittle“ angeordnet. Die Testsignale wurden so generiert, dass der Nutzschall direkt von vorne mit einer geringen Elevation den Versuchspersonen dargeboten wurde. Störgeräusch und Nachhall wurden so über die 8-kanalige Wiedergabeanordnung gegeben, dass diese vergleichsweise praxisnah als diffuser Schall am Zuhörerort auftraten. Die gesamte Signalgenerierung wurde mit Hilfe eines Signalverarbeitungsprogramms (MF) bewerkstelligt. Die Wiedergabe erfolgte ebenfalls mit Hilfe dieses Programms über eine hochwertige Audioanlage. Die Lautsprecherwege zum Zuhörer wurden jeweils einzeln vermessen und digital entzerrt, so dass eine exakte Übertragung der Signale sichergestellt war.

Die Steuerung der Hörversuche erfolgte über ein eigens in MATLAB geschriebenes Steuerprogramm. Der Versuchsperson wurde jeweils ein Satz einer Testreihe (20 Sätze) vorgespielt, der dann Wort für Wort nachgesprochen werden musste. Der Versuchsoperator, der über eine Sprech- und Sichtverbindung Kontakt zur Versuchsperson hatte, hat die jeweils falsch nachgesprochenen Wörter mit Hilfe des Programms einfach registriert. Das Datenhandling und die Auswertung erfolgte automatisch über die erstellte Software.

Jede Versuchsdurchführung mit einem spezifischen STI (1 Track mit 20 Sätzen) beanspruchte etwa eine Zeit von 5-7 Minuten. Es wurden jeweils 10 Tracks in einer Sitzung dargeboten, danach wurde eine Pause eingelegt. Für jede Versuchsperson wurden die 30 Tests (30 Tracks je 20 Sätze) durchgeführt.

Versuchspersonen	≥ 5 Normalhörende
	25 Hörbehinderte
Durchgeführte Vorversuche	Tonschwellenaudiogramm über Kopfhörer; Sprachaudiogramm mit dem Freiburger Test für Zahlwörter und Einsilber, seitengetrent über Kopfhörer
	Sprachaudiometrie im Schallfeld binaural mit dem Freiburger Test mit Hörhilfen, Sprache von vorn
	Sprachverstehen im Störschall unter räumlichen Bedingungen mit kongruenten (SoNo) und räumlich getrennten Schallquellen (SoNre, SoNli) mit Hilfe des AAST (Adaptiver auditorischer Sprach Test nach Coninx)
Testmaterial	HSM -Satztest
	Track 4-13 STI = 0,48-0,75 ( $\Delta$ STI = 0,03), Variation des Nachhalls
	Track 14-23 STI = 0,48-0,75 ( $\Delta$ STI = 0,03), Variation Störgeräusch
	Track 24-33 STI = 0,5 konst. Variation des Verhältnisses von Störgeräusch und Nachhall
Störgeräusch	Frequenzgewichtetes Rauschen, Spektrum entspricht dem mittleren Störgeräuschspektrum von vorbeifahrenden Personenzügen in Bahnhöfen
Nachhall	8- kanalig aufgezeichneter störgeräuschfreier Nachhall aus Impulsmessungen in einer sehr halligen Umgebung (Lagerhalle)
Wiedergabeeinrichtung	8-kanalige Wiedergabeeinrichtung in stark bedämpfter Abhörumgebung
Nutzsignalrichtung	Schalleinfall horizontal 0°, ca. 10° Elevation
Störsignal	Rauschen 8 –kanalig unkorreliert
	Nachhall 8 – kanalig durch Messung in halliger Umgebung
Hörversuche je Versuchsperson	20 Sätze je STI-Konfiguration (entspricht einem Track)
	10 Konfigurationen (STI = 0,48-0,75 mit $\Delta$ STI = 0,03) für Nachhall
	10 Konfigurationen (STI = 0,48-0,75 mit $\Delta$ STI = 0,03) für Störgeräusch
	10 Konfigurationen (STI = 0,5 ) für Variation von Störgeräusch und Nachhall
Sonstiges	Wiedergabepegel 75 dB(A)
	Optische „Stimulation“ durch Projektion eines Bildes einer großen Bahnhofshalle im Sichtfeld des Probanden

Tabelle 4.1: Zusammenfassung der Versuchsparmeter

#### 4.1 Hörtests zur Auswahl der Probanden

Wie in Abschnitt 3.3 erläutert, wurden eine Reihe von Voruntersuchungen für die Referenzgruppe der Normalhörenden und für die Probandengruppe der Hörbehinderten durchgeführt. Die Voruntersuchungen sollten für die Normalhörenden zeigen, dass keine Hörbehinderung vorliegt und diese somit zur Bildung der Referenz geeignet waren.

Zur Objektivierung der Hörverlustgrade gibt es unterschiedliche Methoden. Im deutschsprachigen Raum sind im Wesentlichen zwei Methoden gebräuchlich. Zum einen kann der Hörverlust als prozentualer Hörverlust ausgedrückt werden, der aus Reintonaudiogrammen nach einer Tabelle z.B. CPT-AMA, Council of Physical Therapy – American Medical Association, Begutachtung nach Feldmann und Röser, berechnet wird. Dies folgt einem Vorschlag der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenkunde aus dem Jahr 1995.

Zum anderen kann der Hörverlustgrad direkt als Hörverlust in dB angegeben werden. Hierbei werden die mittleren Hörschwellen im Frequenzbereich von 500 – 4000 Hz betrachtet. Die Einteilung kann dabei gemäß dem Vorschlag der Kommission für Audiologie und Expertenwesen der Schweizerischen Gesellschaft für Oto-Rhino-Laryngologie vorgenommen werden:

Luftleitungsschwelle im Frequenzbereich von 500 – 4000 Hz	Hörverlustgrad
0 – 20 dB	normalhörend
20 – 40 dB	geringgradige Schwerhörigkeit
40 – 55 dB	mittelgradige Schwerhörigkeit
55 – 70 dB	hochgradige Schwerhörigkeit
70 – 90 dB	höchstgradige Schwerhörigkeit
> 90 dB	taub oder an Taubheit grenzend

Tabelle 4.2: Einteilung der Hörverlustgrade gemäß der Schweizerischen Gesellschaft für Oto-Rhino-Laryngologie

Ebenfalls gebräuchlich ist eine vereinfachte Einteilung gemäß Tabelle 4.3. Diese hat den Vorteil, dass die Stufen mit 20 dB äquidistant sind.

Luftleitungsschwelle im Frequenzbereich von 500 – 4000 Hz	Hörverlustgrad
0 – 20 dB	normalhörend
20 – 40 dB	leichte Schwerhörigkeit
40 – 60 dB	mittelgradige Schwerhörigkeit
60 – 80 dB	hochgradige Schwerhörigkeit
> 80 dB	taub oder an Taubheit grenzend

Tabelle 4.3: Einteilung der Hörverlustgrade in Stufen von 20 dB

#### 4.2 Ergebnisse der Vorversuche für Normalhörende

Tabelle 4.4 zeigt die Ergebnisse der Vorversuche der Reintonaudiogramme der Vorversuche der Referenzgruppe. Die mit „m HV“ gekennzeichnete Spalte beinhaltet dabei den mittleren Hörverlust, gebildet als Mittelwert über die 4 in der Tabelle angegebenen Frequenzen von 500 - 4000 Hz.

		Tonaudio LL										
Prob. Nr.	Alter	rechts					links					m HV
		500	1000	2000	4000	m HV	500	1000	2000	4000	m HV	
10	27	5	5	10	15	8,8	10	5	15	15	11,3	
13	33	5	5	5	5	5,0	5	5	5	5	5,0	
14	25	0	5	0	5	2,5	5	0	-5	10	2,5	
15	29	10	5	5	5	6,3	5	5	5	5	5,0	
16	27	15	10	20	30	18,8	15	5	15	25	15,0	
20	48	15	10	5	5	8,8	10	5	5	10	7,5	

Tabelle 4.4: Ergebnisse der Reintonaudiogramme für die Referenzgruppe der Normalhörenden

Wie aus dem Reintonaudiogramm ersichtlich ist, ist der mittlere Hörverlust bei allen Versuchspersonen < 20 dB. Gemäß der Kriterien der Tabellen 4.2 und 4.3 sind die Versuchspersonen als normalhörend einzustufen.

In Tabelle 4.6 sind die weiteren Ergebnisse der Vorversuche für die Referenzgruppe dargestellt. Die Erläuterungen zu den verwendeten Abkürzungen sind in Tabelle 4.5 gegeben.



HV ZW	Hörverlust für Zahlwörter	Der Hörverlust für Zahlwörter (in dB) orientiert sich an dem 50%-igen Verständnis gemäß DIN 45621. Die Verständlichkeitskurven für Zahlwörter sind Lautstärkenstufen von 5 dB aufzunehmen, wobei jeweils mindestens ein Wert ober- und unterhalb von 50% Verständlichkeit liegen muss, um durch Interpolation den Schallpegel für 50% zu ermitteln. Davon abgezogen wird der Normalwert von 18 dB, um den Hörverlust für Sprache zu bestimmen (hier: HV ZW).
%65dB	% Verständlichkeit bei 65 dB Sprachpegel	Für Normalhörende wird für 65dB Sprachpegel bei der Darbietung von Einsilbern in der Regel 100 % Verständlichkeit erreicht (siehe auch Erläuterung zu Lopt).
DV %	Diskriminationsverlust in %	Der Diskriminationsverlust gibt im Sprachaudiogramm den Prozentanteil dessen an, was nicht verstanden wurde. Maximale Verständlichkeit (in %) + Diskriminationsverlust (in %) = 100 %
Lopt	Optimaler Pegel bei Einsilberversandlichkeit	Der optimale Pegel kennzeichnet den Sprachpegel, bei dem die maximale Anzahl der Einsilber richtig verstanden werden. Bei Normalhörenden ist dies bei ca. 50 dB der Fall. Bei Hörgeschädigten ist dieser Pegel in der Regel deutlich höher.
SoNo	AAST Hörtest für Signal und Störgeräusch von vorne	Der normalhörende Erwachsene erreicht die SRT50% beim AAST Test im Störgeräusch bei einem Nutz-/Störschall-Verhältnis (SNR) von -14 dB, d.h. die Spondee-Wörter können 14 dB leiser sein als der Störschall, um gerade noch verstanden zu werden. Da alle Ergebnisse des AAST-Testes relativ zum normalhörenden Erwachsenen angegeben werden, entspricht dies dem Ergebnis AAST von 0 dB. Der Test wurde über Lautsprecher durchgeführt. Wird das Störgeräusch von der linken oder rechten Seite dargeboten, das Nutzsignal jedoch weiter von vorne, sinkt das notwendige S/N Verhältnis für die SRT50% ab. Dies wird Gewinn oder ,Intelligibility Level Difference (ILD). Er berechnet sich aus dem SNR (SoNo) – SNR (SoNre) oder SNR (SoNo) – SNR (SoNli). Es kann auch ein Mittelwert aus den SNR-Werten der Hörsituationen SoNo – ((SoNre + SoNli)/ 2) gebildet werden. Dieser binaurale Hörgewinn durch die räumliche Trennung der Schallquellen beträgt typischerweise bei Normalhörenden ca. 8 dB.
SoNre	AAST Hörtest für Signal von vorne und Störgeräusch von rechts	
SoNli	AAST Hörtest für Signal von vorne und Störgeräusch von links	
mittl. S/N	Mittlerer S/N als Mittelwert aus den SoNo, SoNre und SoNli	Der mittlere S/N ist ein Maß, das die S/N Versuche nach dem AAST mit dem binauralen Gewinn verknüpft. Für die Referenzgruppe Normalhörender betrug dieser Gruppenmittelwert -2,3 dB.

Tabelle 4.5: Erläuterungen der verwendeten Abkürzungen

Prob. Nr.	Alter	Sprachaudio LL								AAST			
		rechts				links				binaural			mittl. S/N
		HV ZW	%/65dB	DV %	Lopt	HV ZW	%/65dB	DV %	Lopt	SoNo	SoNre	SoNli	
10	27	9	100	0	65	17	100	0	65	4	-5,5	-3,5	-1,7
13	33	7	100	0	65	9	100	0	65	2,5	-8	-6	-3,8
14	25	12	100	0	65	17	100	0	65	2	-5,5	-4	-2,5
15	29	7	100	0	65	5	100	0	65	2,5	-5,5	-4,5	-2,5
16	27	17	100	0	65	15	100	0	65	2,5	-5	-2	-1,5
20	48	10	100	0	65	16	100	0	65	3	-5	-3,5	-1,8

Tabelle 4.6: Ergebnisse der Sprachaudiogramme und des binauralen Gewinns für die Referenzgruppe

Aus den Ergebnissen der Referenzgruppe sind folgende Ergebnisse abzuleiten:

- Der Hörverlust in dB ist bei allen Versuchspersonen <20 dB. In Bezug auf die Reintonaudiogramme sind diese als „normalhörend“ einzustufen.
- Bei allen Versuchspersonen wird bereits bei einem Sprachpegel von 65 dB eine 100%ige Verständlichkeit erreicht. Dies entspricht den Erwartungen für Normalhörende.

### 4.3 Ergebnisse der Vorversuche für die Gruppe der Hörbehinderten

Tabelle 4.8 zeigt die Ergebnisse der Reintonaudiogramme für die Gruppe der hörbehinderten Versuchspersonen. Die Sortierung ist dabei absteigend vom höchsten zum niedrigsten Hörverlust vorgenommen. Hierzu wurde der mittlere Hörverlust auf beiden Ohren (rechte gelbe Spalte) gebildet. Demnach setzt sich die gesamte Hörversuchsgruppe wie folgt zusammen:

Luftleitungsschwelle im Frequenzbereich von 500 – 4000 Hz	Anzahl Probanden	Hörverlustgrad
0 – 20 dB	<b>6 (Referenz)</b>	normalhörend
20 – 40 dB	<b>7</b>	leichte Schwerhörigkeit
40 – 60 dB	<b>8</b>	mittelgradige Schwerhörigkeit
60 – 80 dB	<b>5</b>	hochgradige Schwerhörigkeit
> 80 dB	<b>5</b>	taub oder an Taubheit grenzend

Tabelle 4.7: Anzahl der Probanden je Hörverlustgrad

Damit deckt die Gruppe der ausgewählten Versuchspersonen den gesamten Bereich der möglichen Hörverlustgrade ab. Bei der Auswahl war nicht beabsichtigt, die statistische Häufigkeit der einzelnen Gruppen widerzuspiegeln, sondern ausreichend viele Probanden je Gruppe zu haben.

		Tonaudio LL										
		rechts					links					re / li
Pat.Nr.	Alter	500	1000	2000	4000	m HV	500	1000	2000	4000	m HV	m HV
17	52	130	130	130	130	130	115	115	130	130	123	126
18	54	100	110	130	130	118	100	110	120	130	115	116
38	66	130	130	130	130	130	80	100	95	100	94	112
44	78	35	80	130	130	94	130	130	130	130	130	112
28	26	90	105	100	80	94	95	105	95	75	93	93
37	21	80	85	85	65	79	75	75	75	60	71	75
26	46	65	85	75	65	73	70	75	75	70	73	73
45	72	65	70	65	75	69	55	60	65	80	65	67
35	34	45	60	60	75	60	45	60	70	75	63	61
36	73	30	40	60	85	54	35	50	90	90	66	60
21	67	50	55	60	60	56	50	50	60	60	55	56
34	66	20	35	35	25	29	70	70	95	90	81	55
23	58	60	50	60	50	55	45	55	55	50	51	53
25	69	20	30	50	70	43	65	65	60	65	64	53
33	55	50	30	25	70	44	60	35	55	80	58	51
12	56	40	50	55	45	48	50	45	50	55	50	49
29	70	30	35	50	55	43	30	35	45	55	41	42
39	61	25	25	65	60	44	20	20	45	60	36	40
32	55	25	30	40	60	39	25	30	35	65	39	39
22	55	30	25	10	50	29	40	35	30	65	43	36
30	66	60	60	50	55	56	20	10	15	15	15	36
24	51	10	20	45	55	33	10	5	30	80	31	32
27	50	20	25	35	40	30	10	25	35	45	29	29
31	47	15	20	40	45	30	15	20	35	40	28	29
19	51	20	15	25	50	28	15	10	15	50	23	25

Tabelle 4.8: Ergebnisse der Reintonaudiogramme für die hörbehinderten Probanden

Tabelle 4.9 zeigt die Ergebnisse der Sprachaudiometrie und der AAST-Versuche. Zusätzlich ist angegeben mit welcher Art Hörhilfe die Patienten versorgt waren. Dabei steht *HG* für *Hörgerät* und *CI* für *Cochlea Implantat*.

Pat.Nr.	Alter	Sprachaudio LL								Hörhilfen		Sprachaudio FF				AAST			mittl. SNR	
		rechts				links				HG / CI		So binaural mit HG/CI				binaural mit HG/CI				
		HV ZW	%/65dB	DV %	Lopt	HV ZW	%/65dB	DV %	Lopt	rechts	links	HV ZW	% 65dB	DV %	Lopt	SoNo	SoNre	SoNli		
17	52	130	0	100	120	130	0	100	120	CI/AB	CI/AB		90	5	75					
18	54	105	0	100	120	130	0	100	120	CI/AB	CI/AB		40	50	75	10,5	9	7	8,8	
38	66	130	0	100	120	92	0	75	120	CI/CP	HG		80	5	85	7,5	12,5	6	8,7	
44	78	70	0	95	100	130	0	100	130	HG	CI		30	90	0	75	8,5	5	5	6,2
28	26	90	0	25	120	87	0	55	120	HG	HG		44	30	25	85	9	5,5	4	6,2
37	21	84	0	20	120	75	0	30	120	HG	HG		29	55	0	85	9	6	2	5,7
26	46	68	0	35	100	64	0	0	110	HG	HG		32	80	0	85	8,5	6	6	6,8
45	72	58	0	25	110	50	0	0	105	HG	HG		30	70	0	80	7,5	0,5	3	3,7
35	34	41	20	0	100	41	30	0	100	HG	HG		22	85	0	85	5,5	0,5	-2	1,3
36	73	37	5	15	120	40	0	35	120	HG	HG		19	75	5	75	6	3,5	4,5	4,7
21	67	52	0	0	100	42	0	0	105	HG	HG		39	50	0	85	9	3,4	0	4,1
34	66	24	100	0	65	70	0	15	120	HG	HG		23	100	0	65	7	6,5	1,5	4,3
23	58	47	0	0	100	38	25	0	85	HG	HG		27	100	0	65	5	-1,5	3	2,2
25	69	30	35	0	95	55	0	25	105	HG	HG		21	70	0	85	4	0	0	1,3
33	55	48	0	0	90	61	0	0	110	HG	HG		25	100	0	65	10,5	8,5	10,5	9,8
12	56	49	0	0	100	44	25	20	105	HG	HG		38	60	0	90	7,5	4,5	4	5,3
29	70	31	30	0	105	30	15	20	95	HG	HG		25	70	0	85	7,5	-1,5	2	2,7
39	61	26	60	0	95	18	80	0	75	HG	HG		20	100	0	65	5,5	-1	-1	1,2
32	55	36	45	0	95	30	60	0	75	HG	HG		24	85	0	75	3	-4	1	0,0
22	55	32	75	0	75	39	50	0	75		HG		21	100	0	65	3,5	-3	-2	-0,5
30	66	59	0	0	110	15	100	0	65	HG	-		15	100	0	65	5	-1	6,5	3,5
24	51	21	40	0	85	14	65	0	95	HG	HG		18	75	0	85	6,5	-2	-5	-0,2
27	50	26	70	0	85	21	65	0	75	HG	HG		16	80	0	75	3,5	-5,5	0	-0,7
31	47	23	75	0	75	16	75	0	75	HG	HG		15	100	0	65	5,5	-4,5	-1	0,0
19	51	32	95	0	75	22	85	0	75	HG	HG		16	95	0	75	6,5	2	1	3,2

Tabelle 4.9: Ergebnisse der Sprachaudiogramme für die hörbehinderten Probanden

Die nachfolgenden Grafiken zeigen noch einmal den mittleren Hörverlust jedes Probanden für das linke und rechte Ohr, sowie das SNR-Defizit, das sich aus dem mittleren SNR (AAST) des Probanden im Vergleich zum Gruppenmittelwert der Referenzgruppe Normalhörender (-2,3 dB) ergibt.

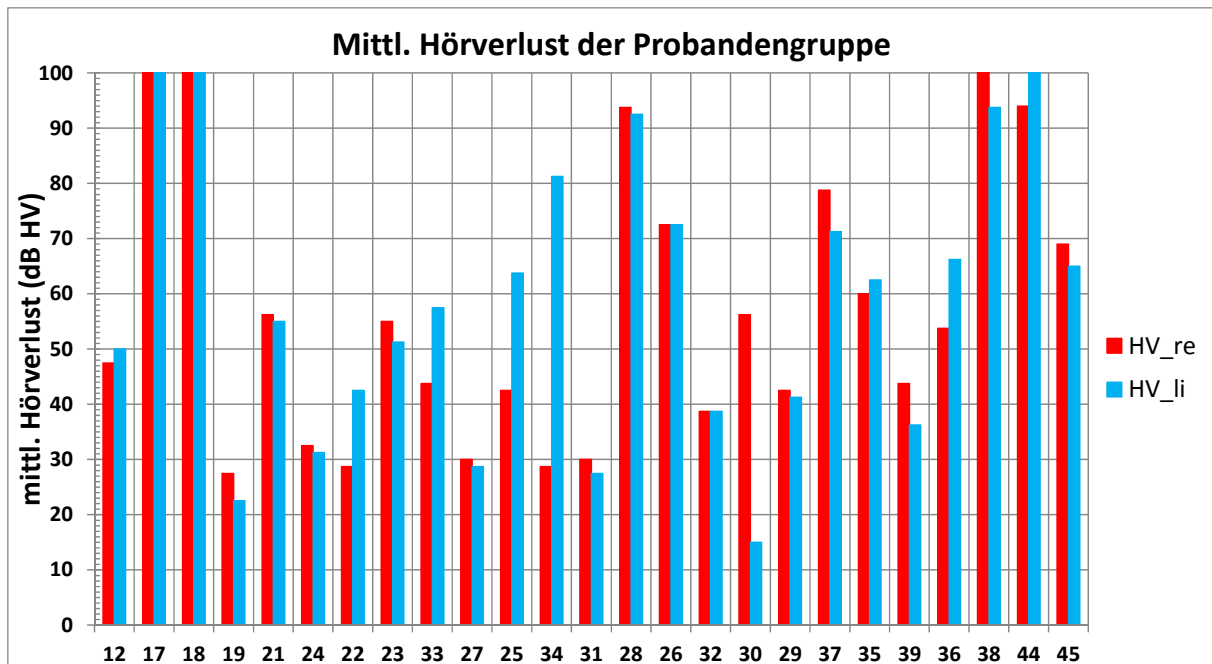


Bild 4.2: Mittlerer Hörverlust der Probandengruppe der Hörbehinderten

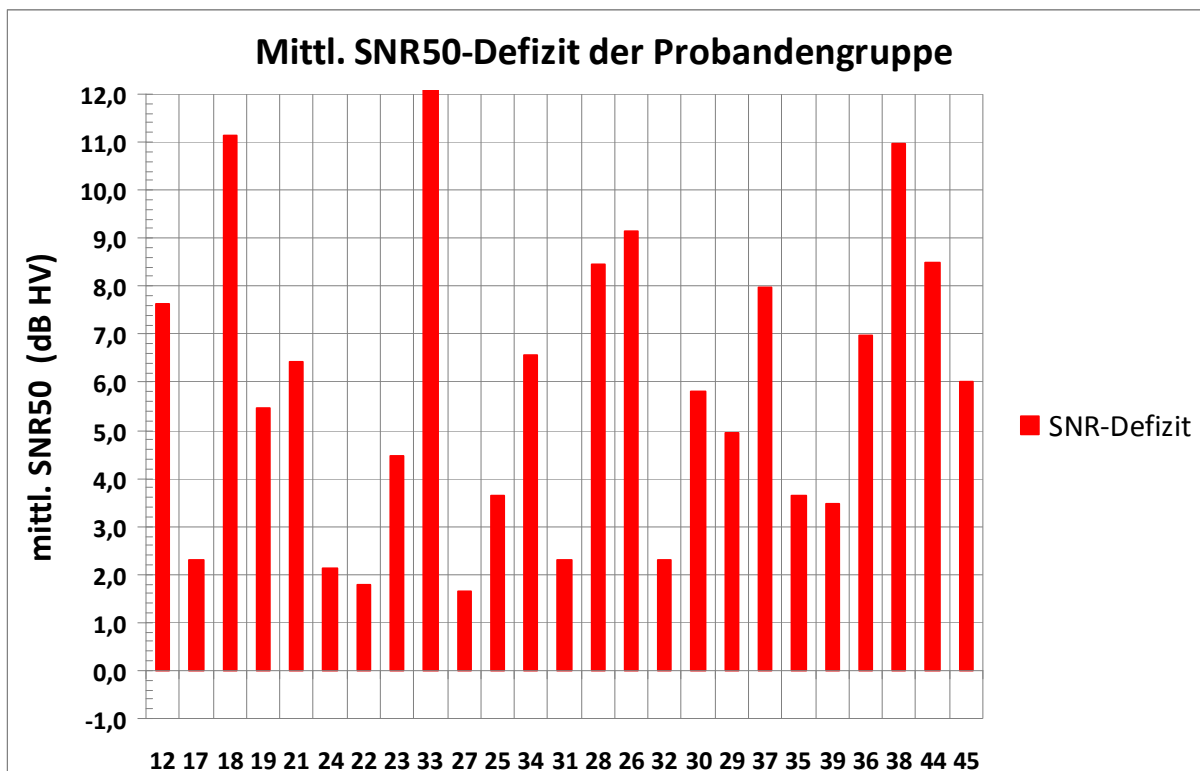


Bild 4.3: Mittleres SNR50-Defizit der Probandengruppe der Hörbehinderten

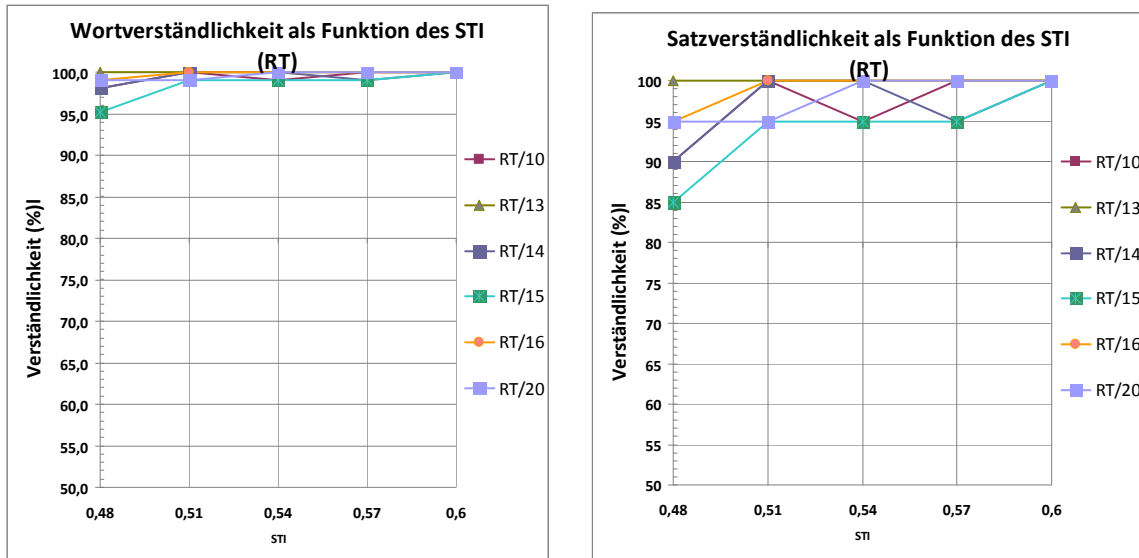
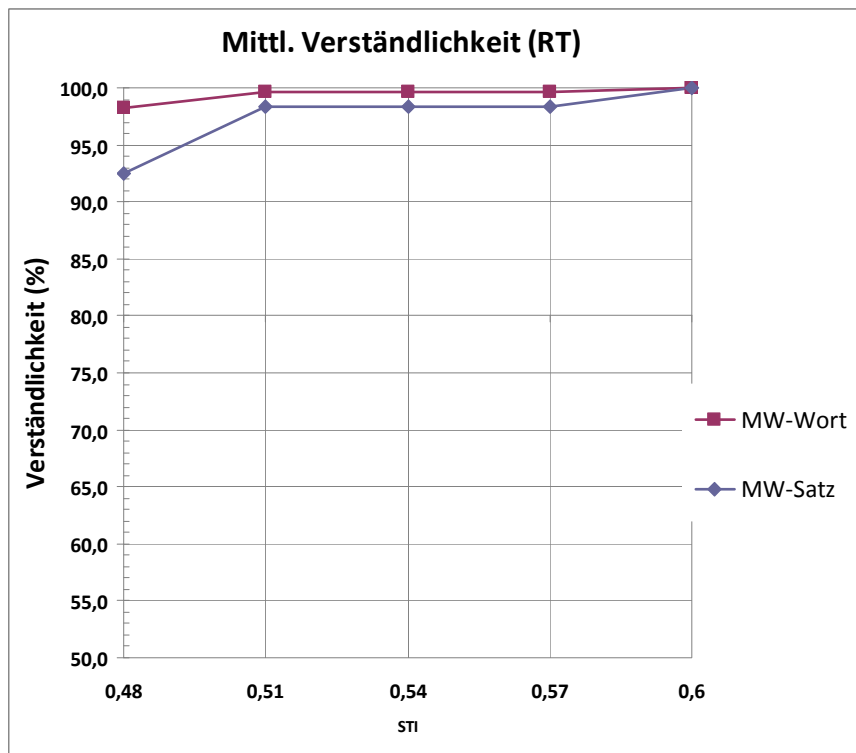
## 5 STI Hörversuch für die Gruppe der Normalhörenden

Nachfolgend sind alle Ergebnisse der Hörversuche tabellarisch dargestellt und die Verständlichkeiten als Funktion des STI in einer Grafik dargestellt. Angegeben ist jeweils die Wort- und Satzverständlichkeit in %. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass hier die Wortverständlichkeit immer größer ist als die Satzverständlichkeit. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass im vorliegenden Fall keine echten Wörtertests durchgeführt wurden, sondern die richtigen Wörter in einem Satz gezählt wurden, der Satz aber nur als richtig gilt, wenn alle Wörter richtig verstanden wurden. Da es falsch verstandene Sätze mit richtig verstandenen Wörtern gibt, muss bei dieser Versuchsdurchführung die Wortverständlichkeit immer größer als die zugehörige Satzverständlichkeit sein.

### 5.1 Versuchsergebnisse

		STI-Messung Nachhall (RT)				
		STI				
Prob.-Nr.	Verst./ STI	0,48	0,51	0,54	0,57	0,6
10	Wörter	98,1	100,0	99,0	100,0	100,0
	Sätze	90	100	95	100	100
13	Wörter	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Sätze	100	100	100	100	100
14	Wörter	98,1	100,0	100,0	99,0	100,0
	Sätze	90	100	100	95	100
15	Wörter	95,1	99,0	99,0	99,0	100,0
	Sätze	85	95	95	95	100
16	Wörter	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Sätze	95	100	100	100	100
20	Wörter	99,0	99,0	100,0	100,0	100,0
	Sätze	95	95	100	100	100

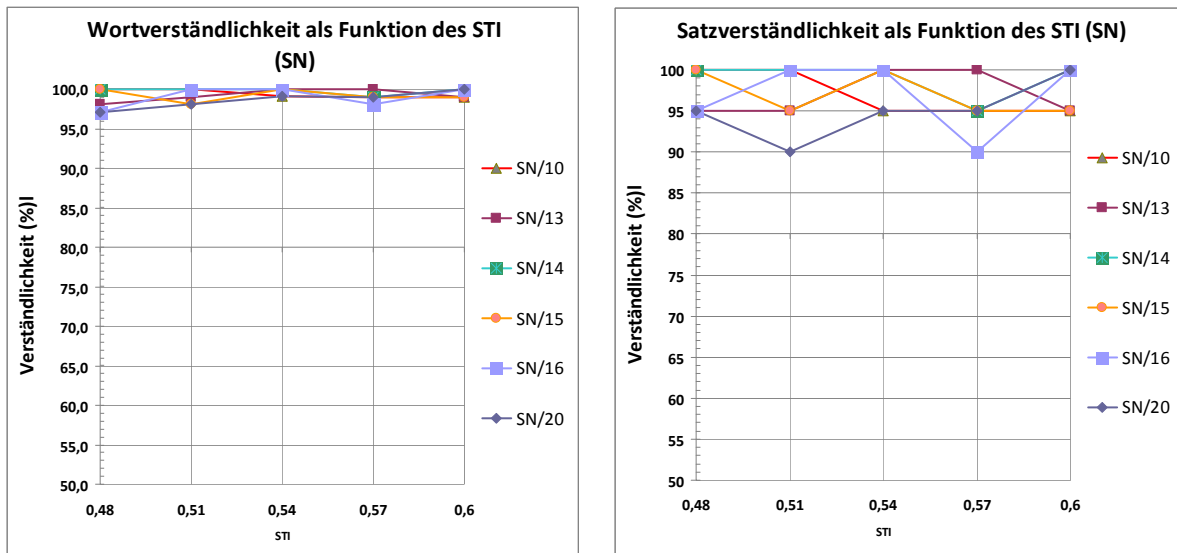
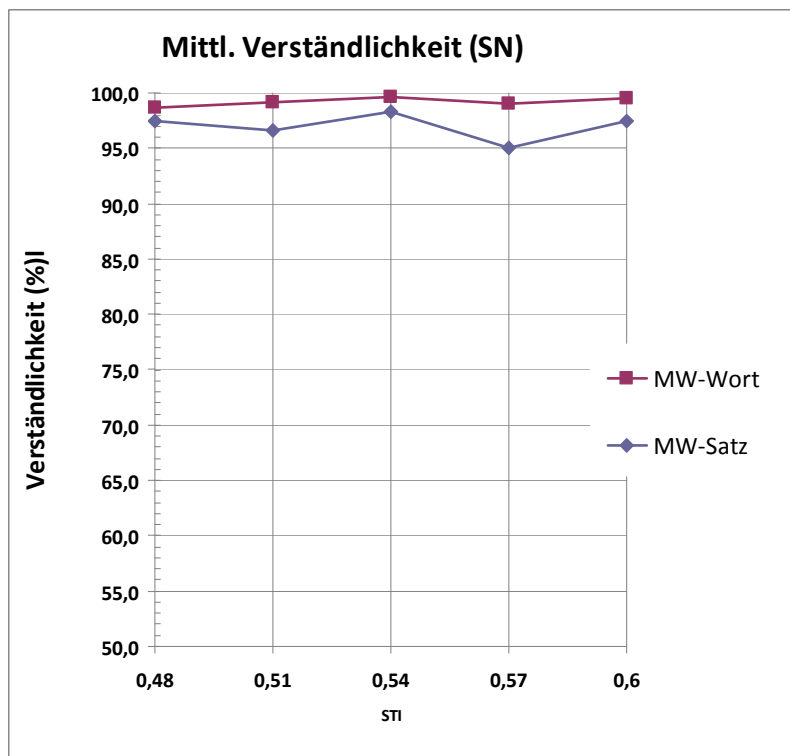
Tabelle 5.1: Satz- und Wortverständlichkeit für Normalhörende bei Störung durch **Nachhall**

Bild 5.1: Wort- und Satzverständlichkeit für Normalhörende bei Störung durch **Nachhall**Bild 5.2: Mittlere Wort- und Satzverständlichkeit für Normalhörende bei Störung durch **Nachhall**

		STI-Messung Störschall (SN)				
		STI				
Verst./ STI		0,48	0,51	0,54	0,57	0,6
Wörter		100,0	100,0	99,1	99,0	99,0
Sätze		100	100	95	95	95
Wörter		98,1	99,0	100,0	100,0	99,0
Sätze		95	95	100	100	95
Wörter		100,0	100,0	100,0	99,0	100,0
Sätze		100	100	100	95	100
Wörter		100,0	98,1	100,0	99,0	99,0
Sätze		100	95	100	95	95
Wörter		97,1	100,0	100,0	98,1	100,0
Sätze		95	100	100	90	100
Wörter		97,1	98,1	99,1	99,0	100,0
Sätze		95	90	95	95	100

Tabelle 5.2: Satz- und Wortverständlichkeit für Normalhörende bei Störung durch **Störschall**



Bild 5.3: Wort- und Satzverständlichkeit für Normalhörende bei Störung durch **Störschall**Bild 5.4: Mittlere Wort- und Satzverständlichkeit für Normalhörende bei Störung durch **Störschall**

		STI-Messung Kombi (RT+SN)										
		Gruppe (STI 0,5)										
Verst./ STI		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mittelwert
Wörter		86,7	93,4	90,4	97,1	96,2	91,5	99,0	85,3	97,1	97,1	93,4
Sätze		70	80	80	90	90	85	95	80	90	90	85,0
Wörter		92,4	98,1	90,4	98,1	96,2	94,3	98,1	96,1	97,1	99,0	96,0
Sätze		90	95	75	90	90	90	95	85	95	95	90,0
Wörter		83,8	97,2	89,4	99,0	94,2	99,1	100,0	95,1	100,0	99,0	95,7
Sätze		70	90	80	95	85	95	100	85	100	95	89,5
Wörter		91,4	97,2	91,3	94,2	85,6	91,5	95,1	94,1	96,2	98,1	93,5
Sätze		85	90	85	85	70	80	85	85	85	95	84,5
Wörter		97,1	93,4	96,2	97,1	98,1	98,1	100,0	100,0	98,1	99,0	97,7
Sätze		95	90	85	90	95	95	100	100	90	95	93,5
Wörter		81,0	90,6	89,4	91,3	92,3	90,6	97,1	89,2	99,0	98,1	91,9
Sätze		65	85	70	75	80	75	85	70	95	90	79,0

Tabelle 5.3: Satz- und Wortverständlichkeit für Normalhörende bei Störung durch Kombination aus **Störschall und Nachhall**

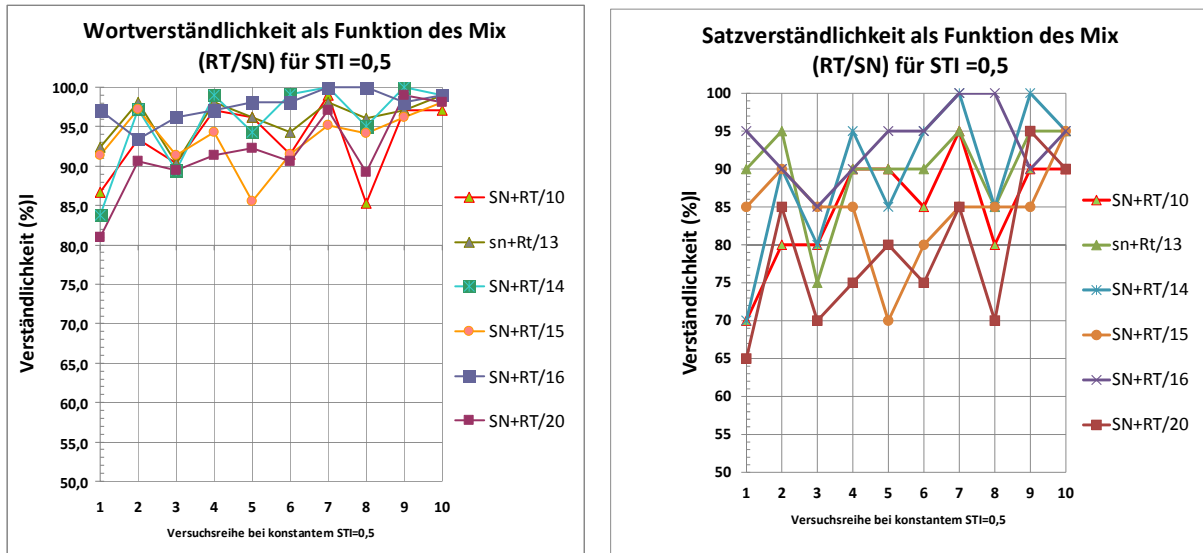


Bild 5.5: Wort- und Satzverständlichkeit für Normalhörende bei Störung durch Kombination aus **Störschall und Nachhall**

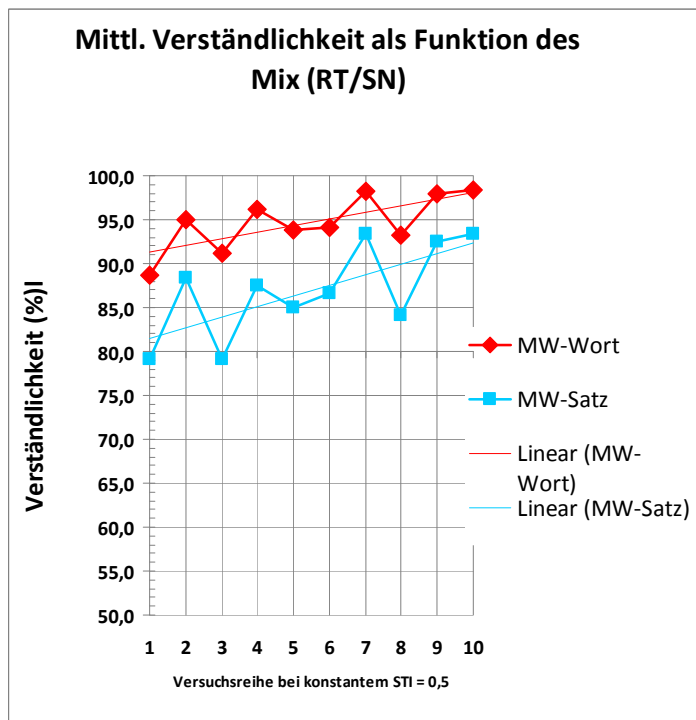


Bild 5.6: Mittlere Wort- und Satzverständlichkeit für Normalhörende als Funktion des Mix von **Nachhall und Störschall**

## 5.2 Zusammenfassung und Interpretation der Versuchsergebnisse für die Gruppe der Normalhörenden

Die Ergebnisse der Hörversuche für die Gruppe der Normalhörenden lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei Störung mit Nachhall oder Störschall ist erwartungsgemäß für Normalhörende bereits bei einem  $STI = 0,5$  eine Satzverständlichkeit von weit über 95 % gegeben.
- Sowohl die Wort- als auch Satzverständlichkeit ist für Normalhörende bei einem  $STI$  von 0,5 bereits weitgehend in der konvergierenden Zone. Eine weitere Steigerung des  $STI$  erhöht die Verständlichkeit nicht signifikant. (Hier ist die Anmerkung zu Beginn des Abschnittes 5 zu beachten, dass im vorliegenden Fall die Wortverständlichkeit immer größer ist als die Satzverständlichkeit. Bei reinen Worttests wäre die Verständlichkeit auch für Normalhörende bei einem  $STI = 0,5$  noch nicht in der Sättigung.)

Erstaunlicherweise sinkt bei der Störung durch eine Kombination aus Nachhall und Störschall auch für Normalhörende bei einem  $STI = 0,5$  die Sprachverständlichkeit signifikant (hier ca. 90 % ) ab. Die Kombinationsversuche wurden von allen Beteiligten eindeutig als die „schwierigsten“ bezeichnet. Hier ergibt sich ein Widerspruch zur Theorie des  $STI$ , bei dem bei gleichen  $STI$ -Werten auch bei unterschiedlicher Gewichtung des Stör- und Nachhalleinflusses die gleiche Verständlichkeit auftreten muss. Weitere Untersuchungen zur Erklärung der Gründe dieser Abweichung konnten im Rahmen der Studie nicht untersucht werden. Insofern ist das Ergebnis aber interessant, weil es dennoch zum Einsatz als „Referenz“ zu den Ergebnissen der Hörbehinderten genutzt werden kann.

## 6 STI Hörversuche für die Gruppe der Hörbehinderten

Nachfolgend sind alle Ergebnisse der Hörversuche tabellarisch dargestellt und die Verständlichkeiten als Funktion des STI in einer Grafik dargestellt. Angegeben ist jeweils die Wort- und Satzverständlichkeit in % . Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass hier die Wortverständlichkeit immer größer ist als die Satzverständlichkeit. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass im vorliegenden Fall keine echten Worttests durchgeführt wurden, sondern die richtigen Wörter in einem Satz gezählt wurden, der Satz aber nur als richtig gilt, wenn alle Wörter richtig verstanden sind. Da es falsch verstandene Sätze mit richtig verstandenen Wörtern gibt, muss bei dieser Versuchsdurchführung die Wortverständlichkeit immer größer als die zugehörige Satzverständlichkeit sein.

### 6.1 Versuchsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Hörversuche für die Gruppe der Hörbehinderten dargestellt. Die grafische Darstellung der Einzel Versuchsergebnisse erfolgt dabei jeweils in zwei Grafiken, da eine Grafik mit 25 grafischen Verläufen zu überlastet und unübersichtlich wäre.

Prob.-Nr.	Versorgung	Verständl.	STI-Messung Nachhall (RT)									
			% / STI	0,48	0,51	0,54	0,57	0,6	0,63	0,66	0,69	0,72
12	HG bds	Wörter			36,9	62,7	60,0	62,5	50,0	81,7		86,7
12		Sätze			10	35	35	40	25	55		75
17	CI bds	Wörter	73,8	85,3	73,8	96,1	90,0	91,3	94,1	93,3	98,0	99,0
17		Sätze	40	60	45	85	80	80	85	90	90	95
18	CI bds	Wörter						32,7	28,4	33,7	48,5	57,1
18		Sätze						10	15	15	35	30
19	HG bds	Wörter	92,2	97,1	98,1	98,0	98,0	100,0	100,0	100,0		
19		Sätze	80	85	95	90	95	100	100	100		
21	HG bds	Wörter	55,3	53,9	56,3	81,4	65,0	92,3	91,2	87,5	89,1	95,2
21		Sätze	35	35	30	65	50	80	75	75	80	85
22	HG links	Wörter	100,0	98,0	100,0	100,0	100,0	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0
22		Sätze	100	90	100	100	100	95	100	100	100	100
23	HG bds	Wörter	77,7	82,4	82,5	95,1	99,0	99,0	99,0	94,2	100,0	100,0
23		Sätze	60	65	75	75	95	95	95	85	100	100
24	HG bds	Wörter	32,0	51,0	28,2	65,7	78,0	82,7	91,2	90,4	96,0	97,1
24		Sätze	20	35	25	55	70	65	80	85	85	90
25	HG bds	Wörter	74,8	82,4	87,4	94,1	97,0	99,0	99,0	100,0	98,0	96,2
25		Sätze	50	65	75	85	85	95	95	100	90	85
26	HG bds	Wörter	47,6	45,1	47,6	68,6	71,0	66,3	82,4	85,6	97,0	96,2
26		Sätze	15	30	10	45	55	50	55	75	85	90
27	HG bds	Wörter	93,2	93,1	90,3	97,1	100,0	96,2	100,0	100,0	100,0	98,1
27		Sätze	90	80	80	85	100	95	100	100	100	95
28	HG bds	Wörter	14,6	8,8	6,8	28,4	26,0	36,5	37,3	59,6	70,3	75,2
28		Sätze	5	0	0	10	10	10	15	40	45	50
29	HG bds	Wörter	38,8	43,1	56,3	59,8	66,0	59,6	70,6	58,7	86,1	87,6
29		Sätze	10	10	30	45	40	35	50	35	60	65
30	HG rechts	Wörter	84,5	91,2	72,8	97,1	100,0	98,1	97,1	100,0	100,0	97,1
30		Sätze	75	65	45	90	100	90	90	100	100	90
31	HG bds	Wörter	90,3	94,1	95,1	100,0	98,0	100,0	100,0	100,0	98,0	97,1
31		Sätze	75	85	90	100	90	100	100	100	95	90
32	HG bds	Wörter	96,1	94,1	92,2	99,0	97,0	99,0	100,0	100,0	100,0	98,1
32		Sätze	85	75	80	95	90	95	100	100	100	95
33	HG bds	Wörter	85,4	94,1	80,6	95,1	96,0	88,5	96,1	100,0	100,0	97,1
33		Sätze	70	85	70	85	90	85	95	100	100	90
34	HG re	Wörter	99,0	98,0	93,2	98,0	100,0	100,0	99,0	100,0	100,0	98,1
34		Sätze	95	90	90	90	100	100	95	100	100	95
35	HG bds	Wörter	74,8	72,5	65,0	94,1	99,0	95,2	96,1	98,1	99,0	99,0
35		Sätze	60	45	45	80	95	90	85	90	95	95
36	HG bds	Wörter	41,7	73,5	49,5	77,5	73,0	89,4	81,4	90,4	96,0	95,2
36		Sätze	25	50	30	50	45	70	65	75	90	85
37	HG bds	Wörter	34,0	51,0	26,2	82,4	65,0	93,3	69,6	91,3	92,1	89,5
37		Sätze	10	40	5	65	55	75	50	75	80	80
38	CI re, HG li	Wörter	5,8	36,3	5,8	42,2	53,0	32,7	48,0	37,5	46,5	66,7
38		Sätze	5	25	0	35	30	30	45	25	40	55
39	HG bds	Wörter	79,6	89,2	85,4	91,2	96,0	91,3	92,2	99,0	100,0	100,0
39		Sätze	65	75	65	80	95	85	90	95	100	100
44	CI li, HG re	Wörter	21,4	25,5	27,2	50,0	50,0	69,2	57,8	66,3	89,1	88,6
44		Sätze	5	15	15	25	20	60	35	45	90	65
45	HG bds	Wörter	35,9	60,8	58,3	80,4	87,0	86,5	90,2	92,3	99,0	96,2
45		Sätze	15	35	25	60	70	85	80	75	95	90
		Wörter	63,0	70,5	63,1	81,4	81,8	82,4	82,8	86,4	91,4	92,1
		Sätze	47,4	53,9	47,3	67,9	70,6	72,6	72,8	77,4	85,0	82,9

Tabelle 6.1: Satz- und Wortverständlichkeit für **Hörbehinderte** bei Störung durch **Nachhall**

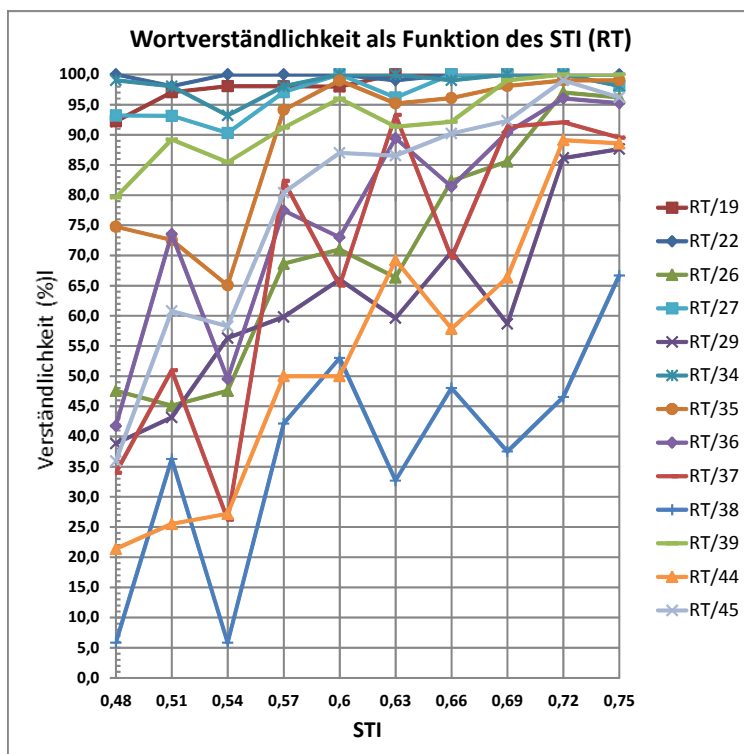
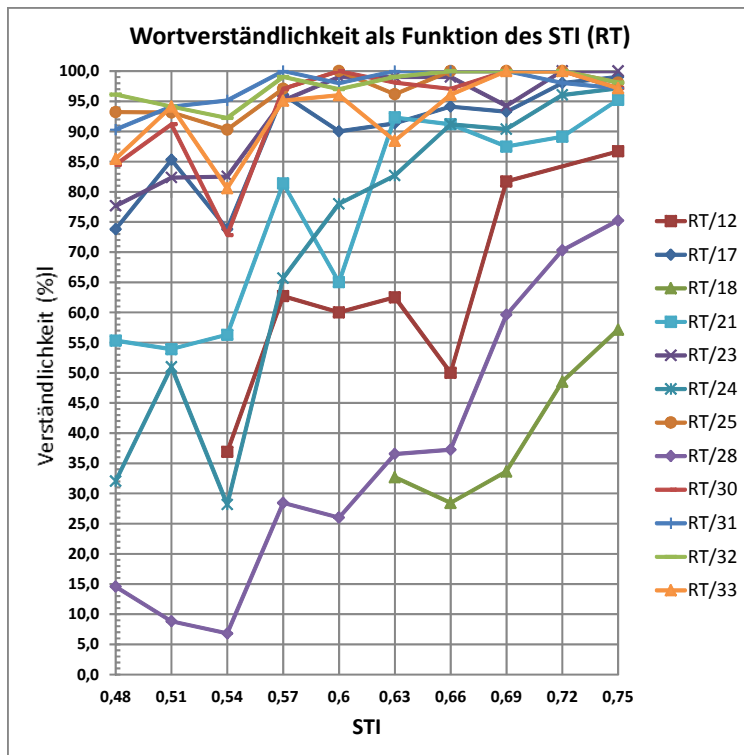


Bild 6.1 a, b: Wortverständlichkeit für **Hörbehinderte** bei Störung durch **Nachhall**

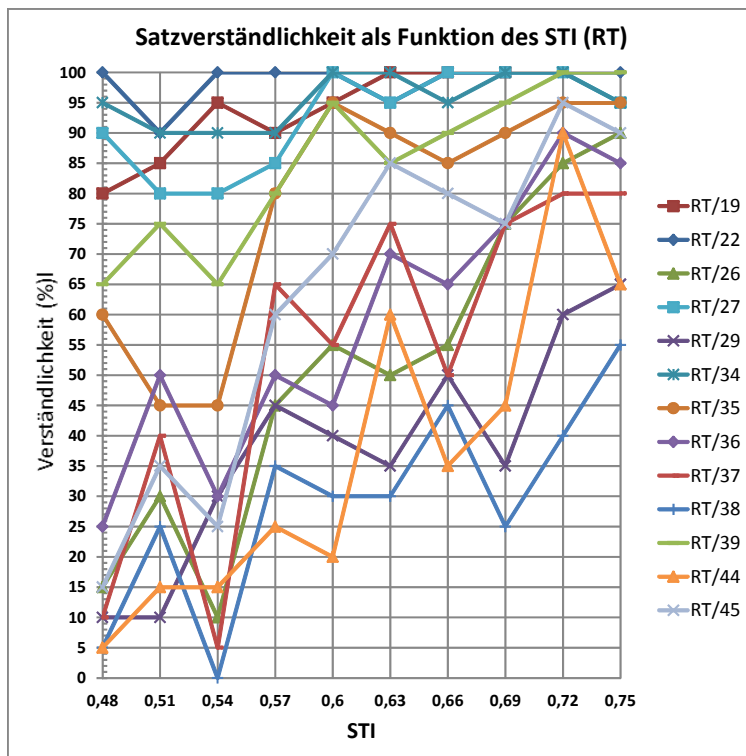
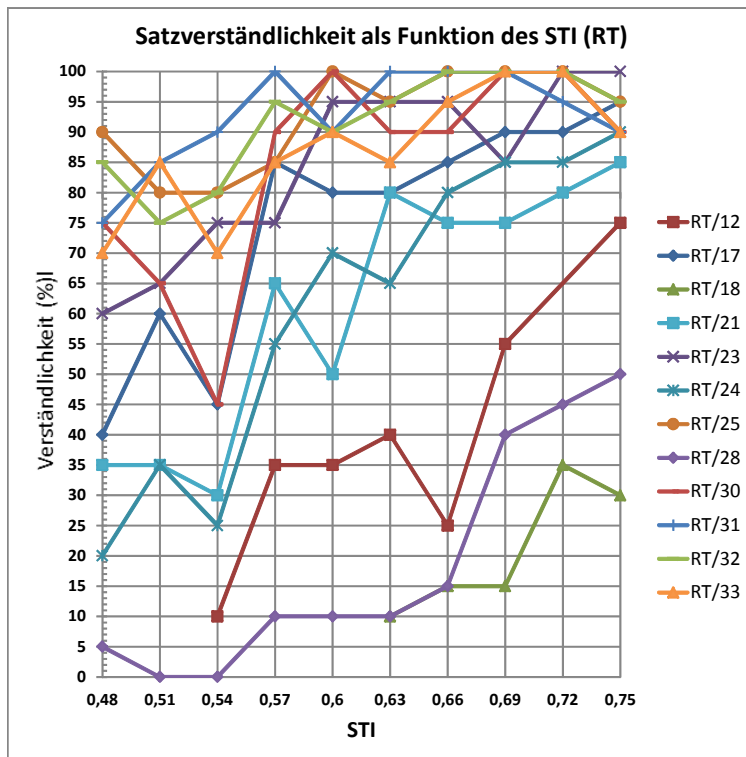


Bild 6.2 a, b: Satzverständlichkeit für Hörbehinderte bei Störung durch Nachhall



Prob.-Nr.	Versorgung	Verständl.	STI-Messung Störschall (SN)									
			% / STI	0,48	0,51	0,54	0,57	0,6	0,63	0,66	0,69	0,72
12	HG bds	Wörter	53,8	48,1	71,7	80,0	74,8	79,0	95,3	91,1	87,3	89,3
12		Sätze	25	25	50	40	45	55	80	75	75	70
17	CI bds	Wörter	84,6	78,8	85,8	95,2	82,5	85,7	95,3	98,0	96,1	100,0
17		Sätze	65	55	75	85	65	70	85	95	85	100
18	CI bds	Wörter				71,4	59,2	57,1	67,0	82,2	84,3	
18		Sätze				35	20	30	40	70	45	
19	HG bds	Wörter	95,2	88,5	99,1	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
19		Sätze	90	75	95	95	100	100	100	100	100	100
21	HG bds	Wörter	81,7	74,0	94,3	99,0	91,3	97,1	100,0	100,0	100,0	99,0
21		Sätze	70	45	80	95	75	85	100	100	100	95
22	HG links	Wörter	100,0	100,0	100,0	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
22		Sätze	100	100	100	95	100	100	100	100	100	100
23	HG bds	Wörter	86,5	89,4	100,0	98,1	99,0	98,1	99,1	100,0	100,0	100,0
23		Sätze	75	70	100	95	95	90	95	100	100	100
24	HG bds	Wörter	80,8	77,9	89,6	97,1	94,2	98,1	98,1	99,0	100,0	100,0
24		Sätze	65	60	85	85	90	90	95	95	100	100
25	HG bds	Wörter	89,4	91,3	91,5	99,0	100,0	99,0	97,2	100,0	100,0	100,0
25		Sätze	70	70	80	95	100	95	90	100	100	100
26	HG bds	Wörter	72,1	51,9	59,4	80,0	63,1	81,9	97,2	98,0	99,0	95,1
26		Sätze	50	35	20	60	35	60	90	90	95	85
27	HG bds	Wörter	97,1	98,1	100,0	100,0	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,0
27		Sätze	95	90	100	100	95	100	100	100	100	95
28	HG bds	Wörter	75,0	70,2	78,3	81,0	68,9	95,2	91,5	92,1	91,2	90,3
28		Sätze	50	60	65	60	50	75	70	75	80	80
29	HG bds	Wörter	61,5	62,5	82,1	80,0	76,7	75,2	76,4	83,2	92,2	85,4
29		Sätze	40	35	50	50	40	35	50	50	60	50
30	HG rechts	Wörter	96,2	93,3	98,1	99,0	95,1	99,0	100,0	100,0	97,1	100,0
30		Sätze	90	75	90	95	85	95	100	100	95	100
31	HG bds	Wörter	94,2	99,0	100,0	99,0	100,0	98,1	100,0	100,0	100,0	100,0
31		Sätze	85	95	100	95	100	90	100	100	100	100
32	HG bds	Wörter	95,2	97,1	99,1	98,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
32		Sätze	90	90	95	90	100	100	100	100	100	100
33	HG bds	Wörter	81,7	82,7	94,3	82,9	98,1	90,5	97,2	96,0	99,0	97,1
33		Sätze	60	60	75	50	90	85	85	90	95	85
34	HG re	Wörter	95,2	85,6	100,0	99,0	100,0	99,0	100,0	99,0	99,0	100,0
34		Sätze	95	80	100	95	100	95	100	95	95	100
35	HG bds	Wörter	93,3	95,2	98,1	99,0	100,0	97,1	100,0	99,0	98,0	100,0
35		Sätze	85	85	90	95	100	90	100	95	90	100
36	HG bds	Wörter	76,0	86,5	88,7	97,1	82,5	99,0	95,3	100,0	93,1	97,1
36		Sätze	45	70	75	90	75	95	85	100	90	90
37	HG bds	Wörter	71,2	58,7	75,5	83,8	56,3	96,2	95,3	98,0	93,1	97,1
37		Sätze	50	40	50	60	35	85	85	90	80	90
38	CI re, HG li	Wörter	63,5	42,3	67,0	62,9	82,5	72,4	66,0	86,1	81,4	77,7
38		Sätze	55	40	40	50	55	55	55	80	65	70
39	HG bds	Wörter	91,3	98,1	98,1	99,0	100,0	98,1	100,0	99,0	97,1	100,0
39		Sätze	85	90	90	95	100	90	100	95	95	100
44	CI li, HG re	Wörter	51,9	48,1	68,9	68,6	79,6	90,5	78,3	98,0	90,2	96,1
44		Sätze	30	20	50	45	45	70	65	90	75	85
45	HG bds	Wörter	64,4	56,7	71,7	86,7	85,4	85,7	96,2	96,0	96,1	94,2
45		Sätze	35	35	45	65	60	60	85	90	90	80
		Wörter	81,3	78,1	88,0	90,2	87,5	91,7	93,8	96,6	95,8	96,6
		Sätze	66,7	62,5	75,0	76,6	74,2	79,8	86,2	91,0	88,4	90,6

Tabelle 6.2: Satz- und Wortverständlichkeit für **Hörbehinderte** bei Störung durch **Störschall**

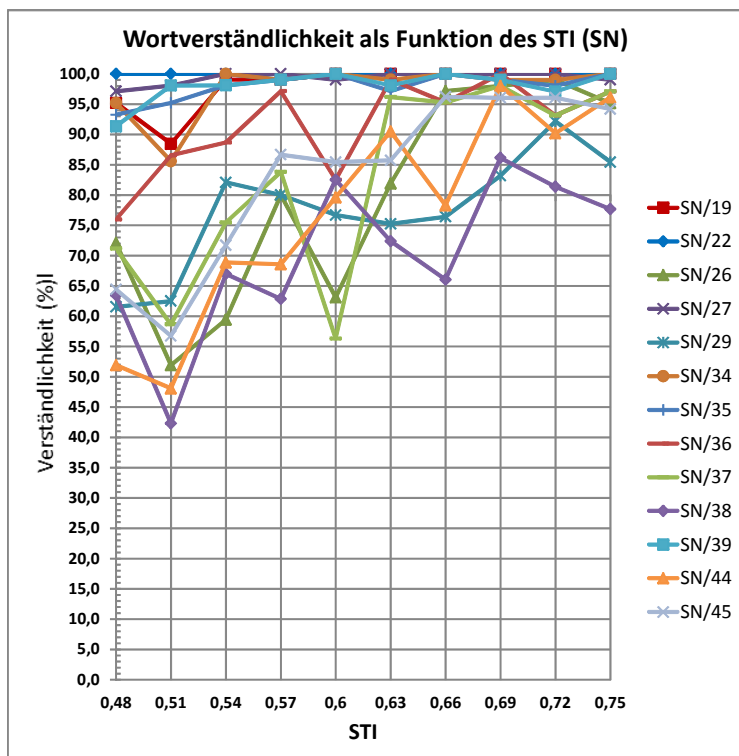
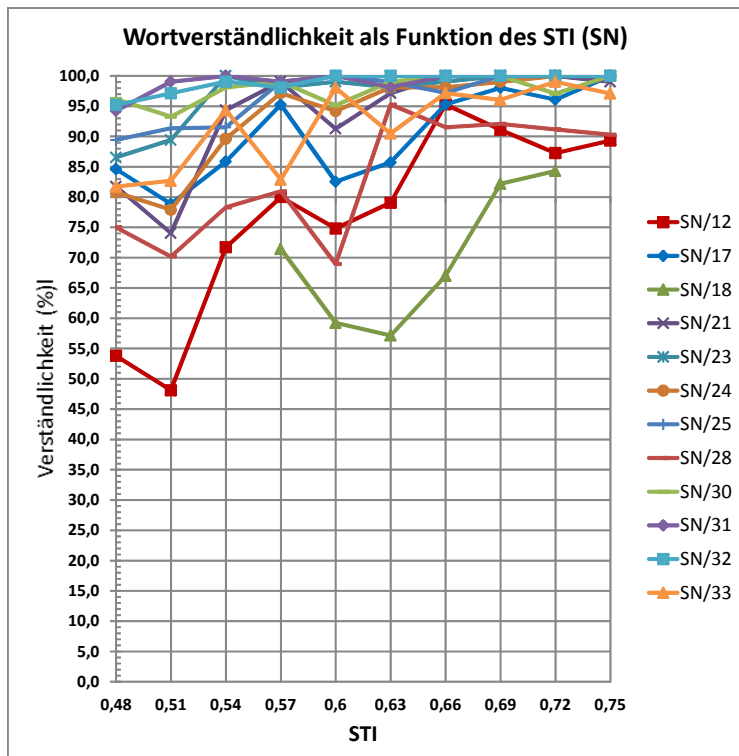


Bild 6.3 a, b: Wortverständlichkeit für **Hörbehinderte** bei Störung durch **Störschall**

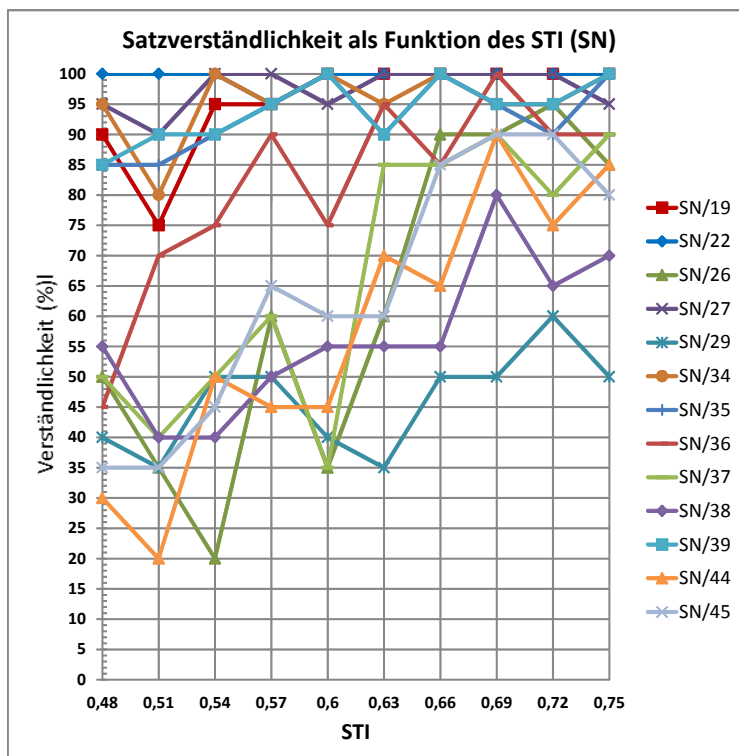
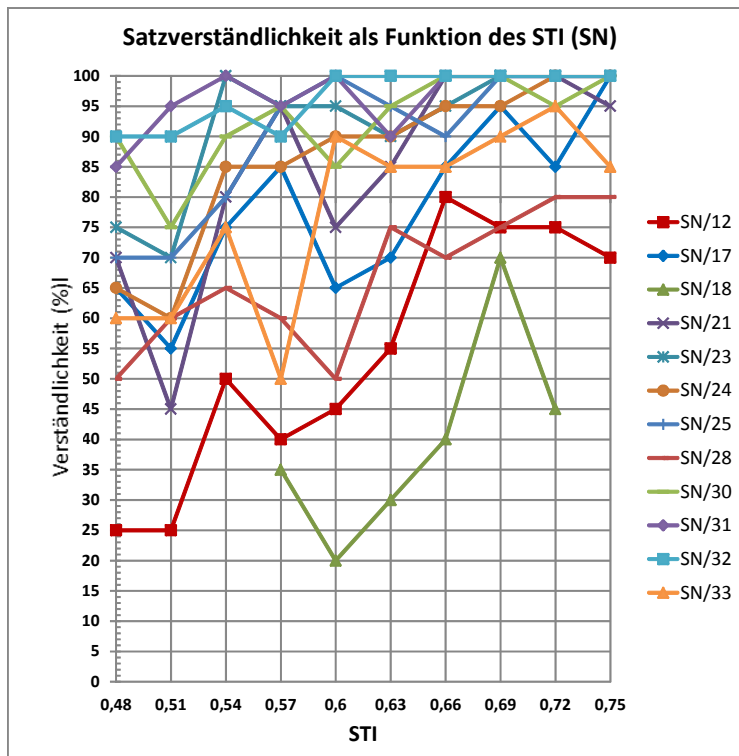


Bild 6.4 a, b: Satzverständlichkeit für **Hörbehinderte** bei Störung durch **Störschall**

Prob.-Nr.	Versorgung	% / STI	Gruppe (STI 0,5)										Mittelwert
			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
12	HG bds	Wörter	26,7	45,3	39,4	45,2	34,6	34,0	29,1	43,1	46,7	45,2	38,9
12		Sätze	10	30	0	20	10	5	0	15	15	15	12,0
17	Cl bds	Wörter	60,0	65,1	67,3	64,4	75,0	77,4	67,0	69,6	81,0	56,7	68,3
17		Sätze	30	50	45	30	45	65	50	35	60	40	45,0
18	Cl bds	Wörter	3,8	16,0	21,2	21,2	24,0	14,2	14,6	37,3	17,1	11,5	18,1
18		Sätze	0	5	5	0	5	5	0	15	0	0	3,5
19	HG bds	Wörter	89,5	89,6	78,8	94,2	83,7	79,2	93,2	82,4	96,2	96,2	88,3
19		Sätze	80	90	65	85	60	60	75	65	85	80	74,5
21	HG bds	Wörter	61,0	64,2	60,6	71,2	58,7	46,2	44,7	58,8	70,5	62,5	59,8
21		Sätze	35	35	30	55	35	35	45	50	30	30	38,5
22	HG links	Wörter	96,2	95,3	97,1	99,0	95,2	100,0	100,0	100,0	99,0	99,0	98,1
22		Sätze	95	85	90	95	90	100	100	100	95	95	94,5
23	HG bds	Wörter	83,8	88,7	76,0	73,1	82,7	66,0	54,4	75,5	72,4	81,7	75,4
23		Sätze	70	80	55	50	65	55	40	50	50	65	58,0
24	HG bds	Wörter	77,1	85,8	69,2	82,7	72,1	68,9	70,9	58,8	61,9	62,5	71,0
24		Sätze	60	75	50	50	45	45	45	30	45	40	48,5
25	HG bds	Wörter	76,2	79,2	56,7	81,7	69,2	75,5	72,8	66,7	81,0	89,4	74,8
25		Sätze	60	60	30	50	45	55	45	35	55	75	51,0
26	HG bds	Wörter	56,2	54,7	51,0	71,2	49,0	46,2	35,9	36,3	53,3	51,0	50,5
26		Sätze	25	20	20	30	15	20	10	20	20	15	19,5
27	HG bds	Wörter	91,4	90,6	94,2	96,2	93,3	80,2	94,2	97,1	94,3	95,2	92,7
27		Sätze	85	65	85	85	85	60	90	90	90	85	82,0
28	HG bds	Wörter	33,3	40,6	37,5	51,9	16,3	35,8	24,3	42,2	50,5	33,7	36,6
28		Sätze	15	5	20	15	5	10	25	20	15	15	14,5
29	HG bds	Wörter	31,4	29,2	33,7	51,9	23,1	24,5	23,3	34,3	47,6	25,0	32,4
29		Sätze	15	10	0	15	5	0	5	5	10	5	7,0
30	HG rechts	Wörter	63,8	58,5	76,0	74,0	68,3	75,5	57,3	63,7	76,2	65,4	67,9
30		Sätze	55	35	55	50	45	55	20	35	50	45	44,5
31	HG bds	Wörter	86,7	95,3	96,2	94,2	86,5	90,6	90,3	89,2	98,1	89,4	91,6
31		Sätze	80	90	90	85	65	80	75	70	90	70	79,5
32	HG bds	Wörter	91,4	93,4	88,5	92,3	93,3	94,3	95,1	96,1	99,0	97,1	94,1
32		Sätze	85	80	80	80	80	85	85	80	95	90	84,0
33	HG bds	Wörter	64,8	76,4	67,3	89,4	49,0	46,2	84,5	72,5	81,9	94,2	72,6
33		Sätze	55	60	60	85	40	40	60	55	75	90	62,0
34	HG re	Wörter	60,0	63,2	69,2	88,5	61,5	82,1	64,1	69,6	84,8	82,7	72,6
34		Sätze	60	60	55	85	60	80	60	55	70	75	66,0
35	HG bds	Wörter	41,9	71,7	74,0	90,4	83,7	67,0	66,0	69,6	93,3	73,1	73,1
35		Sätze	20	50	55	80	65	45	45	55	85	50	55,0
36	HG bds	Wörter	45,7	53,8	36,5	61,5	55,8	39,6	37,9	70,6	62,9	68,3	53,3
36		Sätze	20	35	10	35	35	25	15	35	35	35	28,0
37	HG bds	Wörter	20,0	45,3	40,4	57,7	30,8	49,1	62,1	47,1	41,9	57,7	45,2
37		Sätze	0	25	15	20	10	25	30	15	5	25	17,0
38	Cl re, HG li	Wörter	9,5	28,3	19,2	25,0	8,7	19,8	32,0	18,6	25,7	10,6	19,7
38		Sätze	10	20	15	25	5	20	25	5	20	10	15,5
39	HG bds	Wörter	69,5	75,5	81,7	88,5	79,8	63,2	85,4	72,5	84,8	92,3	79,3
39		Sätze	55	50	75	65	60	45	75	45	60	80	61,0
44	Cl li, HG re	Wörter	15,2	27,4	26,9	39,4	17,3	19,8	13,6	19,6	41,9	10,6	23,2
44		Sätze	5	10	15	15	5	0	15	0	5	0	7,0
45	HG bds	Wörter	62,9	66,0	64,4	63,5	70,2	61,3	71,8	63,7	72,4	76,0	67,2
45		Sätze	30	35	30	35	40	35	50	20	50	40	36,5
		Wörter	56,7	64,0	60,9	70,7	59,3	58,3	59,4	62,2	69,4	65,1	62,6
		Sätze	42,2	46,4	42,0	49,6	40,8	42,0	43,0	39,8	49,2	46,8	44,2

Tabelle 6.3: Satz- und Wortverständlichkeit für **Hörbehinderte** bei Störung durch Kombination aus **Nachhall und Störschall**

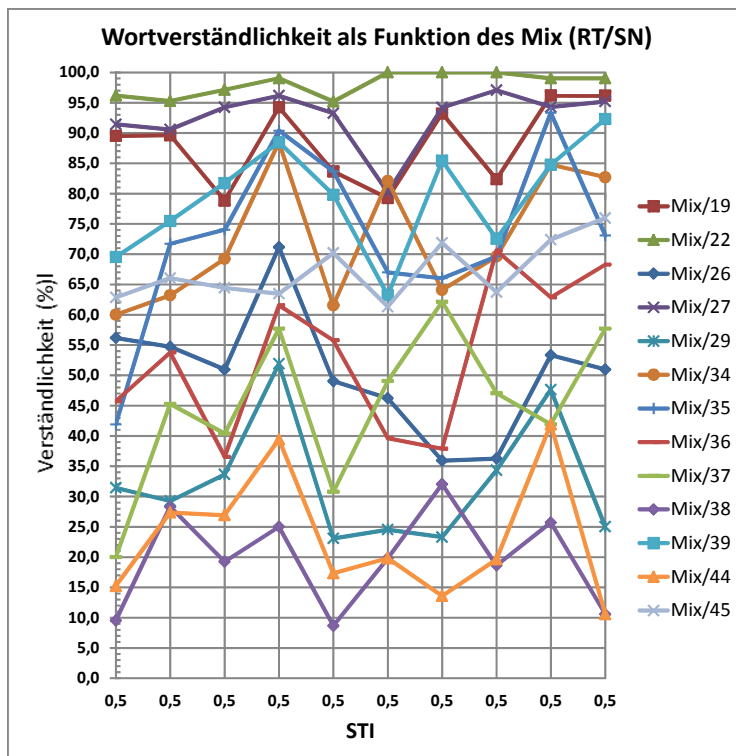
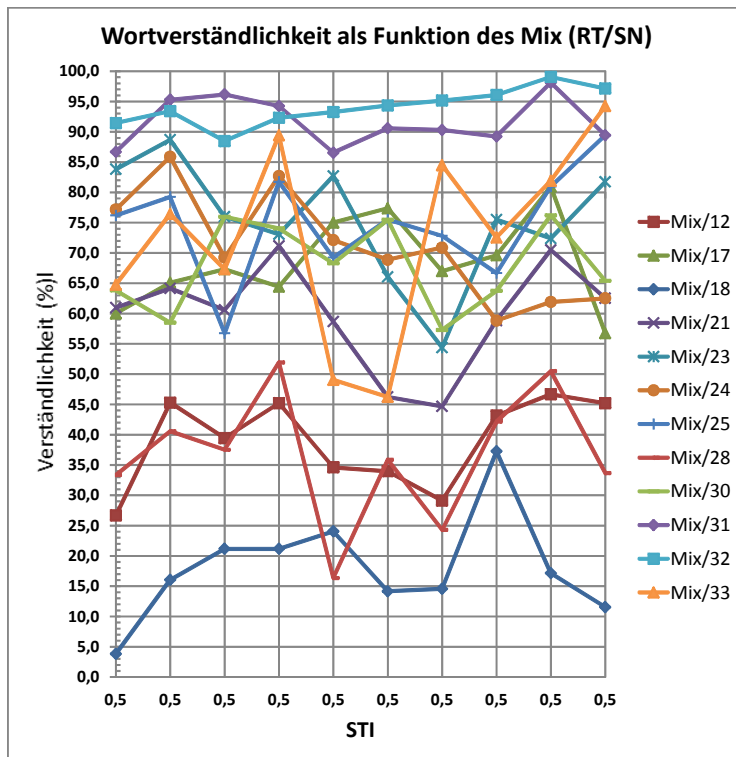


Bild 6.5 a, b: Wortverständlichkeit für Hörbehinderte bei Kombination aus Störschall und Nachhall

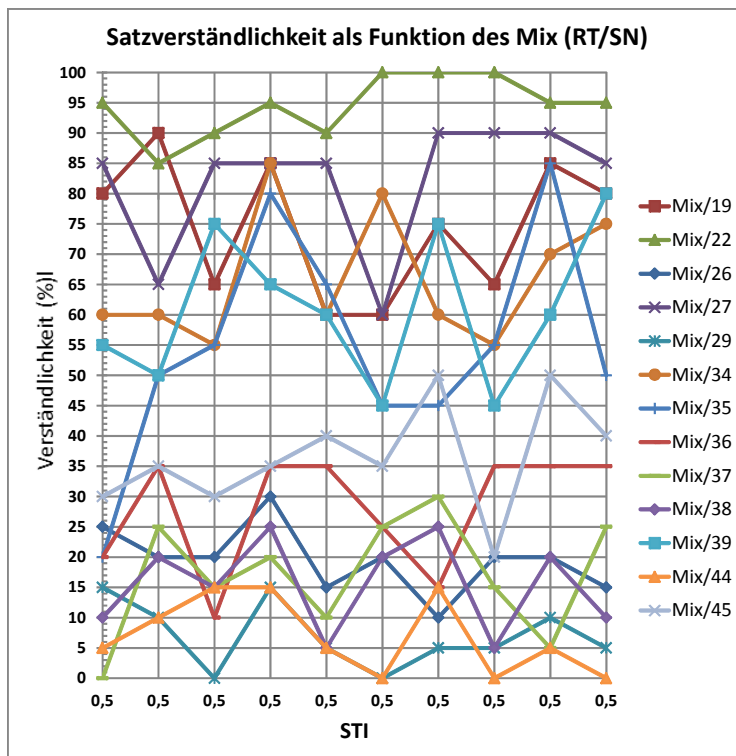
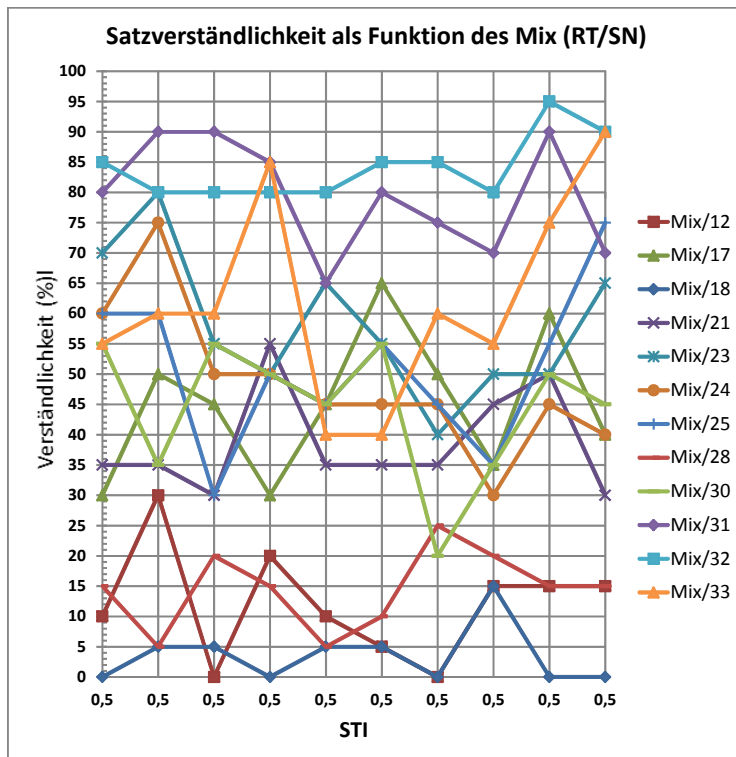


Bild 6.6 a, b: Satzverständlichkeit für Hörbehinderte bei Kombination aus Störschall und Nachhall

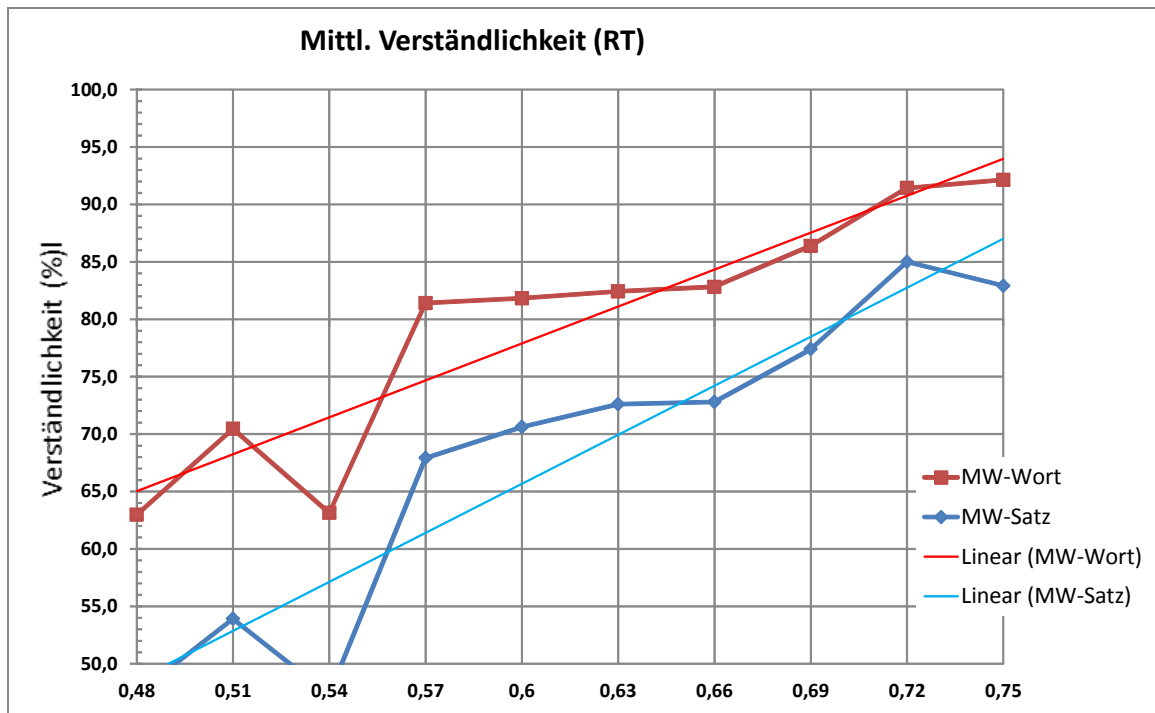


Bild 6.7: Mittlere Wort- und Satzverständlichkeit für Hörbehinderte bei Störung durch **Nachhall**

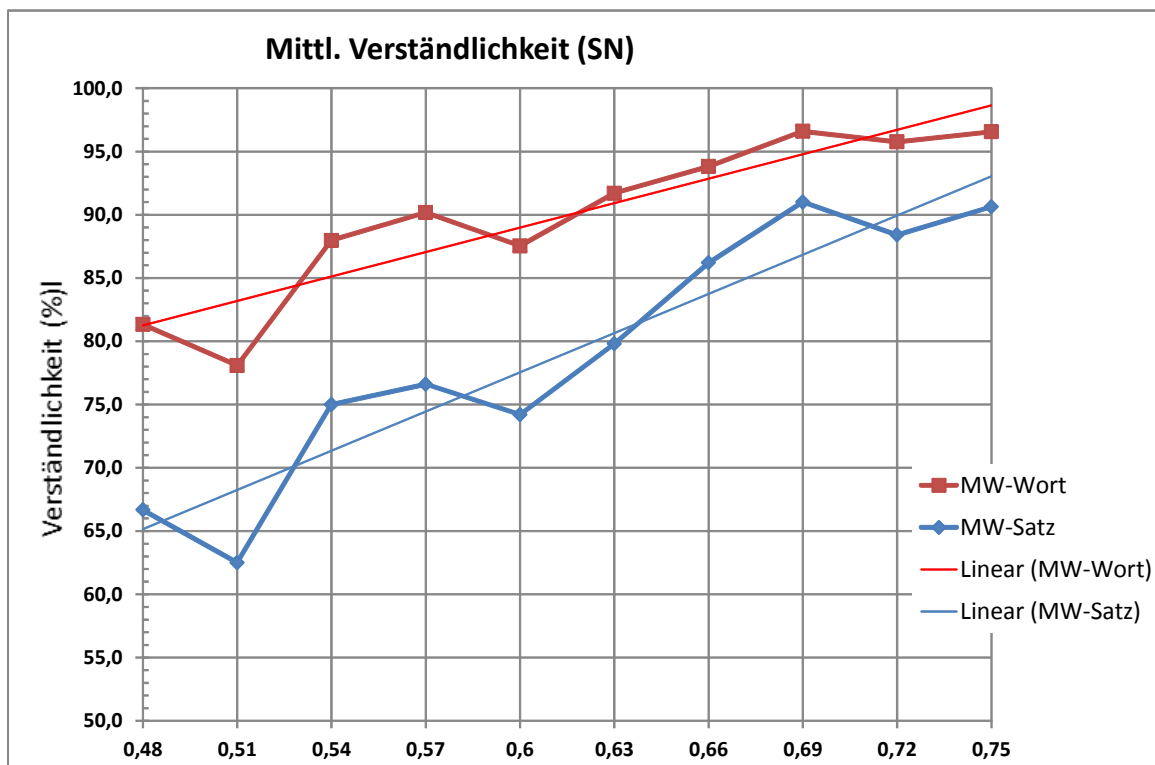


Bild 6.8: Mittlere Wort- und Satzverständlichkeit für Hörbehinderte bei Störung durch **Störgeräusch**

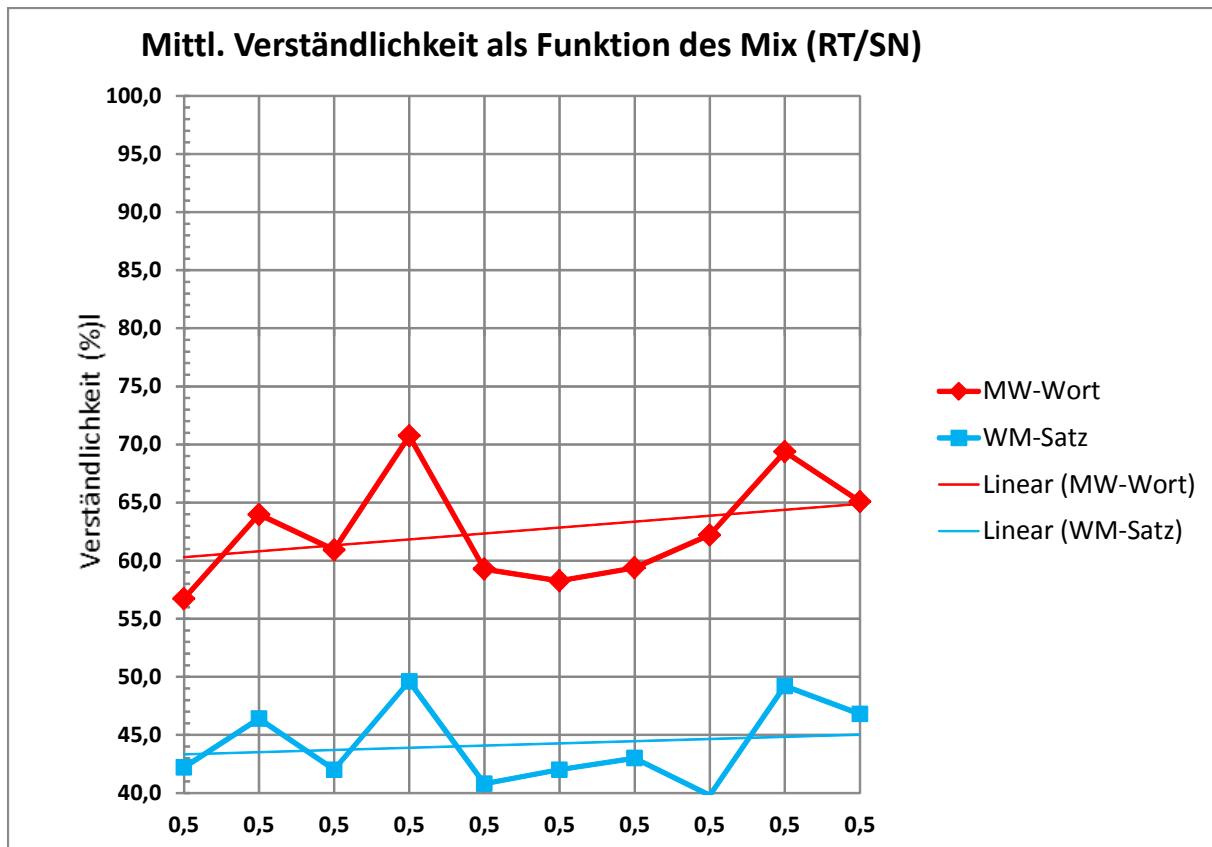


Bild 6.9: Mittlere Wort- und Satzverständlichkeit für Hörbehinderte als Funktion des Mix aus **Nachhall** und **Störgeräusch**



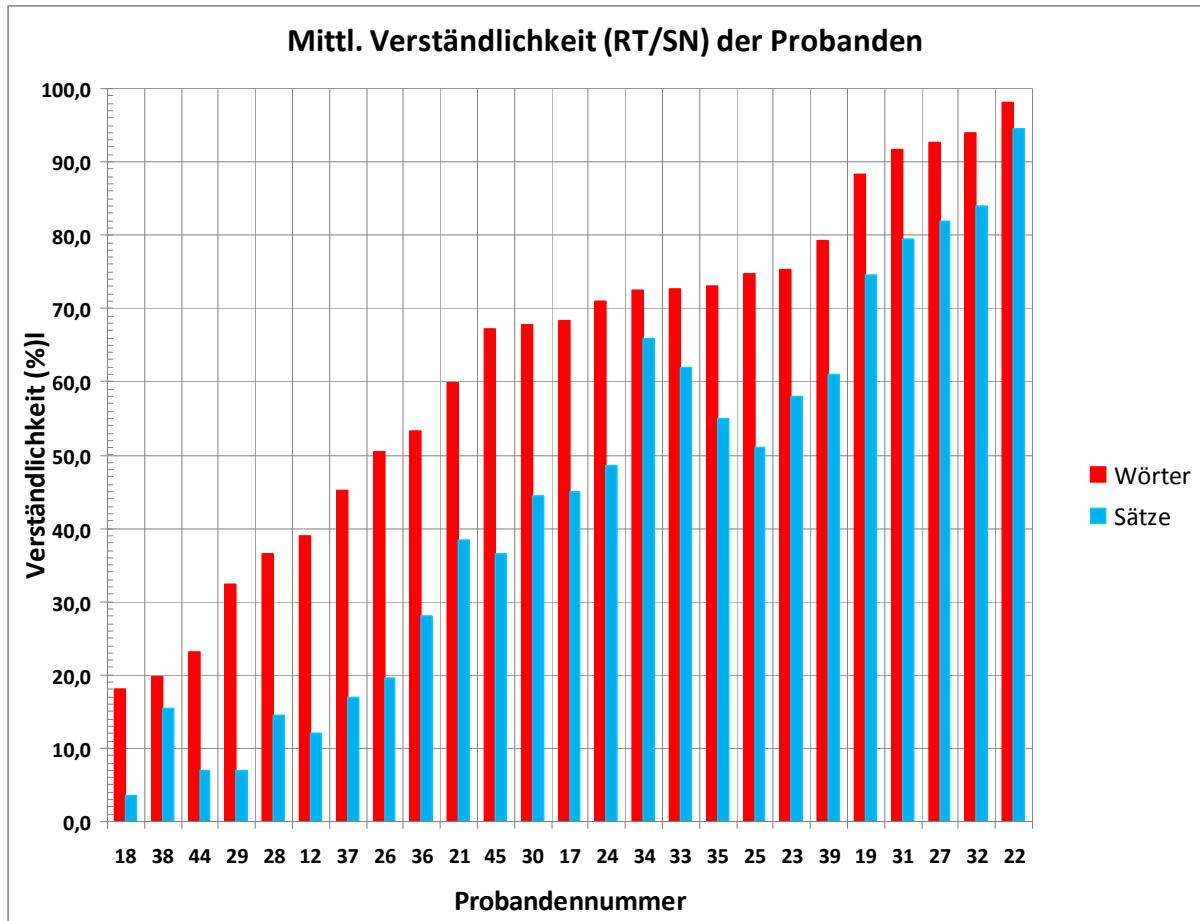


Bild 6.10: Mittlere Wort- und Satzverständlichkeit aller hörbehinderten Probanden als Funktion des Mix aus Nachhall und Störgeräusch aufsteigend sortiert

## 6.2 Zusammenfassung und Interpretation der Versuchsergebnisse

Erwartungsgemäß streuen die Ergebnisse individuell sehr stark. So verlaufen die Kurven der Verständlichkeit in Abhängigkeit des STI bei Störung durch Nachhall sowie durch Störgeräusch individuell sehr unterschiedlich. Eine direkte Zuordnung oder Korrelation der Verständlichkeitsverläufe zum Grad der Hörbehinderung ist wegen der vergleichsweise geringen Anzahl an Probanden je Gruppe nicht direkt möglich. So kann z.B. nicht gesagt werden, dass grundsätzlich die Patienten mit Cochlea-implantaten, die ohne Hörgeräteversorgung als taub gelten, auch mit CI-Versorgung die schlechtesten Verständlichkeitswerte hervorbringen (siehe Proband Nr. 17), zumal die sich ergebende Verständlichkeit nicht zuletzt von der Art der Hörschädigung sowie der Qualität der Hörhilfen abhängt.

Vielmehr lassen sich aus der Gesamtheit der Versuchsergebnisse trotz der vergleichsweise kleinen Gesamtgruppe von 25 hörbehinderten Probanden sehr wohl grundlegende Aussagen über die Verständlichkeit von Hörbehinderten ableiten. Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst.

- a.) Die Ergebnisse und Verläufe der Sprachverständlichkeit als Funktion des STI streuen erwartungsgemäß individuell sehr stark.
- b.) Einige Probanden (Probanden 30 und 32) zeigen trotz erheblicher Hörbehinderung (Hörverlust ca. 40 dB) vergleichsweise sehr gute Wort- und Satzverständlichkeiten von > 95% auch schon bei  $STI = 0,51$ .
- c.) Die Satzverständlichkeit ist bei etwa der Hälfte der Probanden für geringe STI-Werte deutlich kleiner als 50 %.
- d.) Der Einfluss von Nachhall ist grundsätzlich kritischer als der von Störgeräusch. So zeigen nahezu alle Verläufe (Bild 6.1 – 6.4), dass bei gleichem STI die Verständlichkeiten bei Störungen durch Nachhall signifikant geringer sind als bei Störungen durch Störerschall. Dies ist insbesondere von Bedeutung, da in sehr vielen Fällen im öffentlichen Verkehrsraum (Gleishallen, Personentunnel, Eingangshallen) nicht das Störgeräusch, sondern der Nachhall der dominante Störfaktor ist.
- e.) Bei Störungen durch Störgeräusch und gleichermaßen bei Störungen durch Nachhall steigt die Satz- und Wortverständlichkeit mit zunehmendem STI an (Bild 6.7 und 6.8), d.h. eine Erhöhung des STI führt auch bei Hörbehinderten systematisch zu einem Anstieg der Sprachverständlichkeit.
- f.) Der Unterschied in der Wort- und Satzverständlichkeit ist bei niedrigen STI-Werten deutlich größer als bei höheren. Dies bedeutet, dass die Wort- und Satzverständlichkeit für größer werdende STI-Werte zusammenlaufen und scheinbar konvergieren.
- g.) **Bild 6.7 und Bild 6.8 zeigen, dass bis zu einem  $STI = 0,7$  der Anstieg der Verständlichkeitskurven stetig ist, jedoch ab einem Wert von ca.  $STI = 0,7$  abzufachen**

beginnt. In wie weit sich diese Tendenz bei einer größeren statistischen Basis bestätigt, bleibt offen. Jedoch ist aus der Grafik entnehmbar, dass ab einem  $STI = 0,7$  im Mittel über alle Probanden eine Satzverständlichkeit von 93 – 95 % gegeben ist, was den Verständlichkeiten der Normalhörenden bei  $STI = 0,5$  annähernd entspricht.

- h.) Bei Betrachtung der Einzelkurven zeigt sich, dass ab  $STI = 0,7$  ein deutlicher Anstieg der Verständlichkeit gegenüber dem Bereich  $STI < 0,7$  zu verzeichnen ist.
- i.) Erstaunlicherweise ist für hörbehinderte Probanden aus dem Kombinationsexperiment bei einem konstanten  $STI = 0,5$  und veränderter Kombination aus Störgeräusch und Nachhall keine Systematik zu erkennen. Bei diesem  $STI$ -Niveau wird für Hörbehinderte nicht deutlich, dass Nachhall oder Störgeräusch sich unterschiedlich auf die Sprachverständlichkeit auswirken.

Auch wenn die Ergebnisse individuell sehr streuen und trotz aller Beschränkungen in Bezug auf die spezielle Auswahl von Nachhall und Störgeräusch als störende Größen, kann aus den Hörversuchsergebnissen (siehe auch Punkt g.) und h.) der Zusammenfassung) gefolgert werden, dass mit einem  $STI \geq 0,7$  für Hörbehinderte im Mittel ähnlich gute Satzverständlichkeiten erzielt werden, wie für Normalhörende bei einem  $STI = 0,5$ .

**Es wird daher auf Grund der Untersuchungen empfohlen, für Hörbehinderte in besonderen Bereichen einen objektiven  $STI \geq 0,7$  als Anforderung zu stellen.** Diese Anforderung sollte sich analog zur VDE 0828 und VDE 0833-4 auf den Mittelwert minus der räumlichen Standardabweichung ( $STI_{MW-Stdabw} \geq 0,7$ ) beziehen. Dies bedeutet, dass sofern größere räumliche Schwankungen im Bereich der Sonderbereiche oder „Hot spots“ auftreten, der Mittelwert entsprechend größer als  $STI = 0,7$  sein muss.



Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz



Prof. Dr.-Ing. Anselm Goertz

**Anhang A: HSM Satztest****Track 4**

Niemand	konnte	Auskunft	geben					
Beeil	Dich	bitte						
Ich	bin	im	Verkehr	stecken	geblieben			
Er	muss	seine	Verwandten	besuchen				
Beginnt	morgen	wieder	die	Schule				
Die	Bäume	verlieren	nun	ihre	Blätter			
Die	Salatgurken	gibt	es	im	Gemüseladen			
Sind	Sie	schon	lange	hier				
Im	Garten	sind	die	Beeren	reif			
Wie	ist	das	geschehen					
Musst	Du	morgen	abreisen					
Es	ist	spät						
Letztes	Jahr	fuhren	wir	nach	Spanien			
Haben	die	Ferien	schon	begonnen				
Haben	Sie	den	Unfall	gesehen				
Das	kann	er	besser	als	ich			
Ich	bin	mit	zwei	Freunden	heute	morgen	angekommen	
Räum	bitte	Dein	Zimmer	auf				
Wir	könnten	am	Wochenende	Freunde	einladen			
Die	Schlange	ist	giftig					

**Track 5**

Die	Katze	ist	verschwunden					
Ist	hier	frei						
Hatte	er	nicht	ein	blaues	Auto			
Gib	Antwort	auf	meine	Frage				
Macht	Dich	diese	Musik	nervös				
Der	junge	Mann	findet	keine	Stelle			
Ich	hatte	ein	langes	Gespräch	mit	Deiner	Tante	
Schade	dass	es	heute	regnet				
Die	neue	Sekretärin	macht	einen	guten	Eindruck		
Der	Zug	ist	überfüllt					
Bitte	komm	doch	herein					
Mir	ist	schlecht						
Wirst	Du	morgen	Deinen	Bruder	anrufen			
Biegen	Sie	dort	rechts	ab				
Hier	kannst	Du	nicht	parken				
Ist	der	Wartesaal	dort	drüben				
Dieser	Schnellzug	führt	einen	Speisewagen				
Das	Buch	ist	sehr	spannend				
Die	Lederjacke	ist	schon	recht	schmutzig			
War	der	Abend	schön					

**Track 6**

Die	Suppe	ist	versalzen				
Ich	komme	später					
Meine	Arbeit	beginnt	um	acht	Uhr		
Steht	mir	diese	Farbe	gut			
Die	Bahn	ist	gerade	abgefahren			
Das	Motorboot	gehört	meinen	Eltern			
Sollen	wir	bei	der	Ampel	nach	links	fahren
War	das	ein	guter	Witz			
Das	kleine	Mädchen	fährt	mit	dem	Rad	
Bitte	entscheide	Dich	bald				
Das	Mädchen	lernt	fleißig				
Bring	das	Bild					
Ist	das	Wasser	im	See	klar		
Deine	Uhr	geht	nicht	genau			
Das	Haus	wurde	neu	gebaut			
Dieses	Bild	malte	ein	berühmter	Maler		
Bringen	Sie	diese	Tasche	zu	dem	Autobus	
Besitzt	er	eine	Münzsammlung				
Im	Wald	gibt	es	viele	wilde	Tiere	
Nanu	warum	lachst	Du				

**Track 7**

Ich	habe	keinen	Hunger				
Lass	das	sein					
Bleiben	wir	bei	schlechtem	Wetter	hier		
Mich	hat	eine	Biene	gestochen			
Vergiss	Deine	Badehose	nicht				
Der	Mann	hat	einen	schwarzen	Bart		
Der	Doktor	sagt	er	soll	zu	Hause	bleiben
Welche	Zigarettensorte	rauchst	Du				
In	dieser	Gegend	bekommt	man	keine	Wohnung	
Ist	der	Apfel	saftig				
Könnt	Ihr	ruhig	schlafen				
Dir	geht's	gut					
Könntest	Du	mir	Deine	Jacke	leihen		
Fahr	vorsichtig	mit	dem	Auto			
Das	Zimmer	müsste	tapeziert	werden			
Mein	Vater	kann	gut	Geschichten	erzählen		
Gibt	es	ein	Schwimmbad	in	der	Nähe	
Halt	die	Straße	ist	gesperrt			
Der	Apfelkuchen	ist	Dir	gut	gelungen		
Das	Brot	wird	gebacken				

**Track 8**

Wurde	das	Rätsel	gelöst			
Die	Kinder	streiten				
Kämm	Dir	bitte	noch	Deine	Haare	
Die	Bestellung	erfolgte	gestern	telefonisch		
Möchtest	Du	ein	Museum	besuchen		
Zum	Nachtisch	möchte	ich	Eis		
Wie	fährt	man	am	besten	zum	Flugplatz
Es	ist	alles	in	Ordnung		
Der	Rasen	ist	noch	nicht	gemäht	worden
Die	Ampel	ist	ausgefallen			
Mach	den	Mund	auf			
Wie	geschah	das				
Ihr	solltet	mir	die	Geschichte	erzählen	
Der	Mann	hat	graue	Haare		
Der	Fotoapparat	ist	teuer			
Möchtest	Du	morgen	wirklich	auch	mitkommen	
Bitte	besorgen	Sie	uns	vier	gute	Theaterkarten
Heute	Nacht	ist	Vollmond			
Die	Zeitung	liegt	auf	dem	Küchentisch	
Wie	heißt	die	Stadt			

**Track 9**

Hast	Du	Dich	erkältet			
Beißt	der	Hund				
Ein	bißchen	Bewegung	schadet	Dir	nicht	
Das	Angebot	ist	sehr	reichhaltig		
Tag	für	Tag	das	Gleiche		
Reich	mir	bitte	ein	Blatt	Papier	
Was	kostet	ein	Doppelzimmer	für	eine	Nacht
Abends	gehen	wir	ins	Kino		
Diese	Telefonnummer	scheint	falsch	zu	sein	
Ich	brauche	ihren	Pass			
Zeig	Deine	neue	Tasche			
Es	beginnt	gleich				
Wer	ist	Schuld	an	diesem	Unglück	
Die	Pferde	ziehen	den	Wagen		
Die	Räder	rollen	sehr	gut		
Hat	er	sein	Studium	schon	beendet	
Führt	da	unten	eine	Brücke	über	den Bach
Ihr	solltet	mich	bald	besuchen		
Ich	kann	den	Koffer	kaum	noch	tragen
Das	sind	meine	Schuhe			

**Track 10**

Mach	die	Tür	zu					
Kaum	zu	glauben						
Soll	ich	Dir	meine	Adresse	geben			
Wir	sollten	endlich	Frieden	schließen				
Der	Fußgänger	wurde	angefahren					
Gibt	es	hier	kein	Postamt				
Der	Ausflug	findet	nur	bei	schönem	Wetter	statt	
Bitte	hilf	mir	beim	aufräumen				
Heute	wird	es	noch	ein	Gewitter	geben		
Welche	Frage	haben	Sie					
Kennst	Du	diese	Geschichte					
Wo	wohnen	Sie						
Er	hat	ein	Doppelzimmer	bestellt				
Morgen	nachmittag	spielen	wir	wieder				
Wo	esst	Ihr	zu	Mittag				
Sie	geht	nicht	mehr	zur	Schule			
Meine	Taschenuhr	geht	täglich	zwei	Minuten	vor		
Die	Straße	war	sehr	befahren				
Der	vergangene	Sonntag	war	leider	völlig	verregnet		
Die	Batterie	ist	leer					

**Track 11**

Wohin	geht	die	Reise					
Wer	hat	gelacht						
Hast	Du	diese	Sendung	schon	gesehen			
Die	Wurst	wird	immer	teurer				
Nein	danke	ich	rauche	nicht				
Sie	muss	noch	Ihren	Koffer	packen			
Der	Frühling	ist	für	mich	die	schönste	Zeit	
Es	werden	viele	Besucher	erwartet				
Mit	dem	Fahrrad	ist	man	wirklich	schneller		
Hier	ist	Dein	Buch					
Warum	fährst	Du	fort					
Ihre	Nummer	bitte						
Wollen	Sie	in	diese	Wohnung	ziehen			
Der	Patient	hat	hohes	Fieber				
Wir	möchten	ein	Taxi	bestellen				
Sie	sollte	sich	diesen	Film	ansehen			
Er	hat	seinen	Wohnungsschlüssel	im	Wald	verloren		
Dieses	Buch	ist	spannend	geschrieben				
Zählt	der	Hai	zu	den	Raubfischen			
Das	ist	meine	Zeitung					

**Track 12**

Willst	Du	keinen	Salat				
Die	Bahn	kommt					
Vorige	Woche	begegnete	ich	meiner	Lehrerin		
Ist	das	Essen	schon	fertig			
Haben	Sie	diesen	Pullover	gestrickt			
Du	musst	nun	endlich	zufrieden	sein		
Ruf	ihn	an	und	sag	ihm	die	Neuigkeit
Gib	mir	meinen	Mantel	herüber			
Das	Kind	hat	eine	braune	Schultasche		
Draußen	ist	es	kalt				
Ich	tanze	gern	Tango				
Wir	wandern	oft					
Sein	Geburtstag	wird	diesmal	nicht	gefeiert		
Ihr	Bruder	fliegt	nach	Australien			
Kannst	Du	mir	das	versprechen			
Warum	widersprichst	Du	mir	immer			
Könnten	Sie	mir	meinen	Reisepass	zurückgeben		
Das	Wasser	ist	zu	kalt			
Der	Briefträger	hat	es	ziemlich	eilig		
Hör	zu	mein	Freund				

**Track 13**

Möchten	Sie	gern	Spaghetti				
Mir	ist	kalt					
Dieses	Bild	gefällt	mir	überhaupt	nicht		
Meine	Mutter	wohnt	in	Amerika			
Kannst	Du	das	Radio	abstellen			
Hättet	Ihr	lieber	Wurst	oder	Käse		
Nach	dem	Regen	wurde	es	wieder	sehr	schön
Es	ist	elf	Uhr	zwanzig			
Ich	wünsche	mir	ein	paar	neue	Schuhe	
Guten	Tag	meine	Herren				
Der	Ball	ist	rot				
Das	Baby	schreit					
In	meiner	Kamera	ist	kein	Film		
Wer	hat	das	Brot	gegessen			
Der	Tisch	ist	festlich	gedeckt			
Ich	habe	meinen	Regenschirm	verloren			
Der	Hund	hat	den	schönen	Vorhang	herunter	gerissen
Gehst	Du	mit	mir	spazieren			
Stellen	wir	die	Bank	in	diese	Ecke	
Die	Brille	ist	kaputt				



**Track 14**

Die	Tür	ist	verschlossen			
Verstehen	Sie	mich				
Du	hast	eine	schöne	Handtasche		
Unsere	Familie	lebt	im	Norden		
Wir	werden	zwei	Wochen	bleiben		
Warum	hat	er	mich	nicht	angerufen	
Hast	Du	schon	so	einen	Sonnenuntergang	gesehen
Der	Koffer	ist	zu	schwer		
Bitte	hole	meinen	Rock	von	der	Reinigung
Das	Telefon	ist	gestört			
Sie	kauft	ein	Kleid			
Spielen	Sie	Karten				
Ohne	Fleiß	erhält	man	keinen	Preis	
Er	ist	ein	guter	Handwerker		
Gib	der	Tante	das	Paket		
Wer	nicht	hören	will	muss	fühlen	
Seid	Ihr	schon	im	letzten	Jahr	hier gewesen
Wieviel	kostet	der	große	Schrank		
Wir	verbringen	einige	Tage	auf	dem	Lande
Der	Hund	ist	müde			

**Track 15**

Spielt	das	Kind	Fußball			
Sind	Sie	verheiratet				
Steh	auf	und	mach	das	Frühstück	
Die	Sonne	ist	gerade	aufgegangen		
Hier	ist	die	Eintrittskarte			
Ihr	wolltet	doch	bei	mir	anrufen	
Die	Fotos	von	unserem	Ausflug	sind	gut geworden
Der	Mann	fotografiert	seine	Schwester		
Der	Arzt	spricht	lange	mit	dem	Kranken
Warum	bist	Du	traurig			
Wie	heißt	Deine	Schwester			
Ihr	habt	Glück				
Heute	erhielt	ich	endlich	das	Geld	
Wird	er	das	Studium	beginnen		
Waren	Sie	schon	in	Frankreich		
Mein	kleiner	Bruder	hat	Goldfische		
Wir	danken	Ihnen	sehr	für	diesen	netten Abend
Gib	mir	meine	Schlüssel	zurück		
Du	solltest	nicht	immer	so	vorlaut	sein
Die	Aussicht	ist	schön			

**Track 16**

Wann	geschah	der	Unfall				
Er	kocht	gern					
Was	macht	ihr	in	den	Ferien		
Bitte	zeig	mir	Deinen	Ring			
Hättest	Du	gerne	eine	Pause			
Hier	gibt	es	viele	schöne	Geschäfte		
Am	Samstag	werden	wir	im	Garten	Tomaten	pflanzen
Fahren	Sie	bitte	etwas	langsamer			
In	der	Zeitung	steht	heute	nichts	Interessantes	
Danke	ich	habe	genug				
Vorsicht	der	Hund	beißt				
Liest	der	Vater					
Verabschiede	Dich	und	steig	schnell	ein		
Das	Spiel	macht	viel	Spaß			
Die	Heizung	arbeitet	nicht	richtig			
Ist	der	Tee	noch	zu	heiß		
Dort	in	der	Ecke	befindet	sich	die	Garderobe
Das	Wetter	ändert	sich	plötzlich			
Die	Mutter	versucht	das	Kind	zu	trösten	
Woher	kennt	er	sie				

**Track 17**

Keiner	konnte	ruhig	sitzen				
Trink	schnell	aus					
Sie	ist	eine	sehr	gute	Schülerin		
Wollen	wir	einen	Teppich	kaufen			
Heute	hat	es	stark	gereignet			
Sie	werden	nicht	so	bald	kommen		
An	welchem	Schalter	kann	man	Postkarten	erhalten	
Hast	Du	denn	schon	angerufen			
Ich	danke	Dir	für	das	wertvolle	Geschenk	
Der	Roman	ist	spannend				
Der	Ofen	heizt	gut				
Schläft	die	Katze					
Die	Sportler	trainieren	in	der	Halle		
Die	Mutter	muss	noch	Kuchen	backen		
Wirst	Du	heute	pünktlich	sein			
In	England	fahren	die	Autos	links		
Würden	Sie	zu	mir	zum	Abendessen	kommen	
Die	Tür	ist	frisch	gestrichen			
Im	Garten	gibt	es	jetzt	viel	Arbeit	
Die	Strümpfe	sind	zerrissen				

**Track 18**

Der	Affe	frisst	Bananen					
Liegt	dort	Schnee						
Wollte	er	nicht	zum	Vater	gehen			
Bedanke	Dich	für	das	Geschenk				
Du	müsstest	Deine	Haare	waschen				
Das	Mädchen	möchte	gerne	Sängerin	werden			
Das	nächste	Mal	müssen	Sie	zu	uns	kommen	
Gut	dass	ich	gewartet	habe				
Ist	der	neue	Freund	Deiner	Schwester	nett		
Der	Mantel	wird	gereinigt					
Wir	möchten	Rotwein	trinken					
Haben	Sie	Zeit						
Du	sollst	bald	zu	Hause	sein			
Sein	Vater	fährt	nach	Italien				
Willst	Du	noch	lange	bleiben				
Welches	Musikinstrument	kann	er	spielen				
Ich	möchte	diesen	Wintermantel	gern	reinigen	lassen		
Es	wird	hoffentlich	bald	besser				
Er	ist	Mitglied	in	einem	Sportverein			
Guten	Abend	meine	Dame					

**Track 19**

Achtung	es	ist	glatt					
Du	bist	lieb						
Warum	hat	er	den	Jungen	geschlagen			
Dort	musst	Du	links	fahren				
Halten	Sie	das	Schild	hoch				
Glaubt	ihr	dass	ihr	gewinnen	werdet			
Ich	kann	es	ihnen	in	wenigen	Minuten	sagen	
Das	Flugzeug	fliegt	sehr	ruhig				
Die	schmutzige	Wäsche	muss	noch	gewaschen	werden		
War	am	Sonntag	Nebel					
Der	Elefant	ist	groß					
Bleib	im	Haus						
Die	Sonne	scheint	schon	ziemlich	warm			
Dieses	Hotel	soll	preiswert	sein				
War	der	Urlaub	sehr	erholsam				
Am	Sonntag	werden	wir	lange	schlafen			
Ich	habe	Ihnen	doch	im	letzten	Monat	geschrieben	
Kann	sie	gut	Klavier	spielen				
Willst	Du	wie	Dein	Vater	Arzt	werden		
Hier	ist	Halteverbot						

**Track 20**

Die	Haare	wurden	geföhnt				
Leg	Dich	hin					
Fängt	die	Schule	morgen	später	an		
Ihr	hattet	wirklich	keine	Chance			
Das	Flugzeug	ist	soeben	gestartet			
Die	Uhr	ist	von	meinem	Onkel		
Wir	möchten	ein	Zimmer	mit	Blick	aufs	Meer
Hat	Sie	einen	neuen	Mantel			
Er	sollte	sich	lieber	mal	richtig	ausruhen	
Sag	bist	Du	böse				
Die	Kerze	brennt	lange				
Das	Kind	weint					
Wie	lange	hält	der	Zug	hier		
Das	Unglück	musste	nicht	passieren			
Wie	heißt	der	längste	Fluß			
Ich	bin	seit	gestern	sehr	erkältet		
Um	wieviel	Uhr	sollen	wir	bei	Ihnen	sein
Er	kann	nicht	höher	springen			
Die	neue	Frisur	steht	Dir	viel	besser	
Die	Beeren	sind	süß				

**Track 21**

Wurde	der	Brief	gestern	abgeschickt			
Zieh	Deine	Straßenschuhe	aus				
Die	Frau	hat	schöne	Naturlocken			
Ich	möchte	eine	Fahrkarte	zweiter	Klasse	kaufen	
Wie	alt	ist	sein	Bruder			
Im	Winter	sind	die	Tage	viel	kürzer	
Schmeckt	der	Kuchen	gut				
Hast	Du	Heimweh					
Haben	Sie	Hunger					
Dieser	Raum	ist	mir	zu	dunkel		
Gestern	abend	war	ein	Gewitter			
Wann	beginnt	die	nächste	Vorstellung			
Wir	werden	es	uns	gemütlich	machen		
Ihr	könnt	Euch	auch	einen	Eisbecher	bestellen	
Das	Kind	hat	schön	gespielt			
Er	möchte	Dich	gern	zum	Essen	einladen	
Die	Ampel	leuchtet	grün				

**Track 22**

Ich	habe	keine	Ahnung					
Nicht	zu	fassen						
Eine	gesunde	Ernährung	ist	sehr	wichtig			
Der	Kellner	ist	sehr	aufmerksam				
Immer	nur	das	liebe	Geld				
Gibt	es	hier	ein	Einkaufszentrum				
Wo	kann	man	hier	eine	deutsche	Tageszeitung	kaufen	
Manchmal	gehen	wir	ins	Theater				
Das	Wohnhaus	müsste	endlich	repariert	werden			
Bist	Du	etwa	traurig					
Halt	bleib	bitte	stehen					
Kostet	es	viel						
Warum	kannst	Du	nicht	ehrlich	sein			
Mahlzeiten	werden	extra	berechnet					
Tanz	doch	nicht	so	wild				
Wir	freuen	uns	auf	Deinen	Besuch			
Ich	möchte	für	heute	zwei	Plätze	reservieren	lassen	
Ist	das	Kind	sehr	müde				
In	dem	Regal	stehen	viele	interessante	Bücher		
Der	Spiegel	ist	zerbrochen					

**Track 23**

Heb	das	Papier	auf					
Was	ist	passiert						
Ihr	könntet	mir	ein	Foto	schicken			
Der	Sommer	war	sehr	heiß				
Das	Wildschwein	wird	geschossen					
Störe	nicht	immer	den	Schulunterricht				
Sie	können	dort	im	Büro	die	Rechnung	bezahlen	
Kannst	Du	uns	endlich	antworten				
Die	Brücke	führt	über	den	breiten	Fluss		
Warum	kämpft	er	nicht					
Meine	Tochter	ist	sportlich					
Komm	zu	mir						
Wo	hast	Du	ihn	gestern	getroffen			
Sei	doch	nicht	so	mutlos				
Wollt	ihr	nicht	hierbleiben					
Sie	kommt	oft	spät	nach	Hause			
Am	schönsten	ist	es	immer	in	der	Heimat	
Gehen	Sie	regelmäßig	zum	Arzt				
Im	Gebirge	weht	oft	ein	frischer	Wind		
Komm	setz	Dich	hin					

**Track 24**

Haben	Sie	Schmerzen					
Er	hat	einen	neuen	Fotoapparat			
Mein	Sohn	hat	eine	Freundin			
Wo	leben	eigentlich	die	Tiger			
Hast	Du	schon	den	Brief	geschrieben		
Ich	habe	seit	Tagen	Schmerzen	im	rechten	Bein
Die	Aufgabe	ist	nicht	leicht			
Hilf	dem	alten	Mann	über	die	Straße	
Das	Schiff	ist	gesunken				
Möchtet	ihr	mir	helfen				
Hören	Sie	gut					
Er	sucht	schon	wieder	seine	Brille		
Der	Zug	kommt	aus	Belgien			
Die	Vögel	zwitschern	sehr	laut			
Sie	freut	sich	über	die	Blumen		
Ich	rufe	Sie	bestimmt	später	noch	einmal	an
Wer	hat	dieses	Bild	gemalt			
Sie	schneidet	den	Apfel	in	vier	Stücke	
Gib	acht	mein	Kind				

**Track 25**

Mein	Freund	kann	zaubern				
Die	Mutter	lacht					
Geh	los	es	ist	schon	spät		
Ist	der	Teich	völlig	zugefroren			
Hat	die	Bluse	ein	Loch			
Dieser	Saft	ist	mir	zu	süß		
Wenn	ich	Zeit	habe	werde	ich	gern	kommen
Der	Polizist	kontrolliert	den	Pass			
Erst	trinken	wir	aus	dann	starten	wir	
Wieviel	Zigaretten	raucht	er				
Der	Vogel	fliegt	hoch				
Sie	geht	langsam					
Wie	oft	hat	er	schon	gefehlt		
Bald	wird	es	Essen	geben			
Geben	Sie	mir	den	Brief			
Der	Arzt	hat	einen	weißen	Kittel		
Ich	hätte	gern	einen	Tisch	für	drei	Personen
Der	Film	ist	sehr	lustig			
Könntest	Du	uns	einen	großen	Gefallen	tun	
Ist	das	Hemd	gebügelt				

**Track 26**

Die	Mütze	ist	rot					
Wie	heißen	Sie						
Ich	kann	mich	wirlich	nicht	erinnern			
Wie	hat	das	Kleid	gepasst				
Die	Kerze	ist	fast	abgebrannt				
Er	hat	sein	Schulzeugnis	erhalten				
Ja	eine	Fußballmannschaft	besteht	aus	elf	Spielern		
Weißt	Du	wo	ich	wohne				
Der	nächste	Winter	soll	sehr	kalt	werden		
Der	Teich	ist	tief					
Das	Taxi	kommt	gleich					
Was	glauben	Sie						
Der	Mantel	ist	mir	zu	groß			
Der	Sport	wird	immer	härter				
Willst	Du	die	Zeitung	lesen				
Er	muss	noch	den	Koffer	packen			
Unsere	kleine	Katze	schläft	fast	den	ganzen	Tag	
Könnt	ihr	nächste	Woche	kommen				
Vergiss	bitte	nicht	den	Hund	zu	füttern		
Die	Maus	frisst	Speck					

**Track 27**

Hast	Du	oft	Besuch					
Frieren	Sie	schnell						
Er	hat	seine	Brieftasche	verloren				
Heute	vormittag	muss	ich	lernen				
Der	Berg	ist	ziemlich	hoch				
Sie	ist	schon	lange	hier	ausgezogen			
Wieviele	Kinder	gehen	zur	Zeit	in	diese	Schule	
Die	Tabletten	haben	gut	geholfen				
Das	neue	Buch	ist	wirlich	sehr	langweilig		
Die	Flasche	ist	voll					
Wo	lebt	seine	Mutter					
Noch	ist	Zeit						
Morgen	will	ich	unsere	Fenster	putzen			
Die	Blumen	sind	schon	verblüht				
Wollen	Sie	wirklich	bald	heiraten				
Am	besten	wir	gehen	gleich	schlafen			
Wie	weit	ist	die	Stadt	von	hier	entfernt	
Iss	noch	ein	Stück	Torte				
Du	solltest	die	Haustür	gut	abschließen			
Der	Bach	ist	klar					

**Track 28**

Wo	stand	das	Glas				
Fang	den	Ball					
Wieso	hast	Du	nicht	ja	gesagt		
Bitte	lass	mich	endlich	los			
Wir	möchten	gern	eine	Vorspeise			
Er	macht	immer	sehr	gute	Vorschläge		
Im	botanischen	Garten	gibt	es	viele	seltene	Pflanzen
Lieben	Sie	auch	Opernmusik				
Ich	hole	Dich	morgen	vom	Dienst	ab	
Bitte	sag	nichts	mehr				
Der	Weg	ist	steinig				
Scheint	die	Sonne					
Der	Kirschbaum	blüht	jetzt	prächtig			
Er	hat	es	sehr	eilig			
Wo	bist	Du	denn	gewesen			
Möchte	Dein	Sohn	auch	Bäcker	werden		
Ich	hole	Sie	dann	von	Ihrem	Hotel	ab
Sie	wird	sich	nicht	ändern			
Auf	dem	Teich	schwimmen	viele	kleine	Enten	
Die	Uhr	geht	genau				

**Track 29**

Sie	liest	gern	Romane				
Blühen	die	Blumen					
Ohne	Geld	kann	man	nichts	kaufen		
Vater	wird	heute	später	kommen			
Gib	mir	bitte	das	Buch			
Der	Opa	hat	eine	große	Nase		
Können	Sie	mich	bitte	um	sieben	Uhr	wecken
Wann	kommt	das	Telegramm	an			
Du	könntest	mich	mit	dem	Auto	abholen	
Die	Zitrone	ist	sauer				
Das	Kino	ist	geöffnet				
Ist	es	warm					
Könntest	Du	für	mich	einkaufen	gehen		
Geh	bald	schlafen	heute	abend			
Ist	die	Tasche	sehr	schwer			
Meine	Mutter	kann	gut	Geige	spielen		
Das	ist	die	Burg	von	der	wir	sprachen
Stop	die	Ampel	leuchtet	rot			
Das	Baby	schreit	schon	seit	einer	Stunde	
Hier	ist	Ihr	Schlüssel				



**Track 30**

Hat	sie	gut	gelernt				
Es	ist	schwer					
Der	Opernsänger	ist	ziemlich	berühmt			
Die	Ausstellung	ist	sehr	interessant			
Nacht	für	Nacht	dieser	Lärm			
Putzt	Du	Dir	täglich	die	Zähne		
Ich	möchte	mir	die	Haare	kurz	schneiden	lassen
Häufig	kommt	er	gar	nicht			
Warum	ist	der	Vater	nicht	gefragt	worden	
Ich	darf	nicht	aufhören				
Die	Sonne	scheint	hell				
Wen	kennen	Sie					
Das	Badewasser	ist	zu	kalt			
Wer	hat	das	Geld	verloren			
Die	Limonade	ist	sehr	süß			
Er	will	einen	neuen	Rekord	aufstellen		
Die	Zeit	ist	um	das	Spiel	ist	beendet
Kommst	Du	mit	ins	Bad			
Der	Haupteingang	befindet	sich	weiter	hinten		
Die	Wiese	ist	grün				

**Track 31**

Welche	Farbe	liebst	Du				
Der	Schüler	lernt					
Ist	die	Telefonverbindung	wieder	gestört			
Das	Gras	wird	immer	grüner			
Ja	wir	haben	heute	gewonnen			
Ich	könnte	euch	seine	Adresse	geben		
Was	kostet	ein	Eilbrief	nach	Nordamerika		
Der	Künstler	hat	großen	Erfolg			
Die	Natur	muss	noch	besser	geschützt	werden	
Mein	Hals	tut	weh				
Kannst	Du	polnisch	sprechen				
Komm	bitte	her					
Am	liebsten	esse	ich	Schweinebraten			
Die	Frau	schminkt	die	Lippen			
Täglich	kann	er	besser	lesen			
Mach	bitte	die	Musik	etwas	leiser		
Wie	weit	ist	es	bis	zur	nächsten	Stadt
Plötzlich	ging	die	Tür	auf			
Das	Kind	spielt	sehr	oft	mit	Puppen	
Wollt	ihr	schwimmen	gehen				

**Track 32**

Der	Jäger	schießt	scharf					
Bist	Du	mutig						
Er	möchte	sehr	gern	Medizin	studieren			
Die	Mädchen	haben	reiche	Eltern				
Wann	kommen	endlich	unsere	Möbel				
Wer	hat	Dir	diesen	Unsinn	erzählt			
Ich	freue	mich	sehr	Ihre	Bekanntschaft	zu		machen
Das	Mädchen	ist	sehr	frech				
Wer	nicht	hören	will	muss	eben		fühlen	
Die	Haare	sind	gefärbt					
Wieviel	wiegt	das	Paket					
Der	Baum	blüht						
Gehst	Du	auch	so	gern	tanzen			
Die	Tage	werden	ständig	kürzer				
Ja	wir	wollen	unbedingt	gewinnen				
Er	hat	seit	gestern	große	Schmerzen			
Können	Sie	mir	hier	eine	Gaststätte		empfehlen	
Dieser	Platz	ist	noch	frei				
Bitte	sing	mir	doch	ein	Lied		vor	
Der	Schal	hält	warm					

**Track 33**

Jeder	will	erster	werden					
Jetzt	ist	Schluss						
Er	weiß	in	Geschichte	gut	Bescheid			
Sie	möchte	das	Buch	lesen				
Bald	ist	wieder	Wochenende					
Es	wird	kein	neues	Spiel	geben			
Können	Sie	mir	den	Weg	ins	Dorf		zeigen
Wo	bist	Du	gestern	gewesen				
Diese	Kirche	ist	ein	berühmtes	Bauwerk			
Was	hat	Dir	gefallen					
Die	Vase	ist	schön					
Schläft	das	Baby						
Die	Bar	ist	leider	nicht	geöffnet			
Die	Oma	hat	neue	Zähne				
Die	Tante	ist	sehr	lieb				
Wie	oft	hast	Du	ihn	getroffen			
Entschuldigen	Sie	bitte	dass	ich	mich	verspätet		habe
Der	Kater	springt	vom	Baum				
Reisen	ist	schön	aber	auch	sehr	anstrengend		
Ist	die	Suppe	heiß					