

# Sprachverständlichkeit unter Einfluss von Störgeräuschen im ÖPNV

Grundlegende Gedanken  
zu weiteren Forschungsaufgaben

## ÜBERLEGUNGEN ZUR SPRACH-VERSTÄNDLICHKEIT:

Sprache ist der **erste** Sinn für Gut- und Schwerhörende,  
und ein **zweiter** Sinn für Sehgeschädigte und Blinde,  
aber nicht nutzbar für Ertaubte und Gehörlose

Die Kette für die Übertragung von Sprachsignalen zu einem Hörer  
besteht prinzipiell aus folgenden Gliedern:

1. Spracherzeugung
2. Sprachaufnahme und ggf. Sprachspeicherung
3. Sprachübertragung
4. Sprachabstrahlung
5. akustisches Umfeld
6. Hörfähigkeit des „Adressaten“

## 1. SPRACHERZEUGUNG

Sprecherin oder Sprecher ?

Sprecherin: Sopran, Mezzo, Alt ?  
Sprecher: Tenor, Bariton, Bass ?

Welche Stimme hat den höheren Schallpegel?

Welche Stimme klingt bei gleichem Pegel „lauter“?

„Unterhaltungslautstärke“ oder „Befehlston“ ? (Eine höhere Sprechlautstärke bewirkt im Sprachsignal einen stärkeren Anteil hoher Frequenzen.)

Welche Stimme klingt „vertrauenswürdig“?

Welche Stimme klingt „angenehmer“?

Klingt eine laute Frauenstimme „keifig“? (Eine höhere Sprechlautstärke bewirkt im Sprachsignal einen stärkeren Anteil hoher Frequenzen.)

Wie kann man Sprecherin/Sprecher zum lauten Sprechen animieren?

## 2a. SPRACHAUFNAHME UND GGF. SPRACHSPEICHERUNG

Wie stellt man parallel Ansage und Textanzeige sicher?

Verwendet man natürliche oder gespeicherte Ansagen?

Wie ist bei natürlichen Ansagen das Umfeld?  
(Störgeräusche im Dienstabteil durch)

- Nachhall oder Diffusschall ?
- Betriebsgeräusche / Fahrgeräusche ?
- Tätigkeiten anderer Personen ?
- Unterhaltungen anderer Personen ?

Wie ist bei natürlichen Ansagen die Sprecherqualität?

- Spricht der Sprecher / die Sprecherin hochdeutsch?
- Spricht der Sprecher / die Sprecherin gut artikuliert?
- Spricht der Sprecher / die Sprecherin laut genug?
- Spricht der Sprecher / die Sprecherin langsam genug?

## 2b. SPRACHAUFNAHME UND GGF. SPRACHSPEICHERUNG

Wird der Text bei Bedarf wortgleich wiederholt?

Ist (z.B. an Grenzbahnhöfen) eine mehrsprachige Ansage möglich?

Gespeicherte Ansagen mit Textbausteinen  
(begrenzter Wortschatz aber gute Sprachqualität)?

Gespeicherte Ansagen vom „Vorlesesystem“  
(unbegrenzter Wortschatz aber zzt. geringe Sprachqualität)?

Wie ist die derzeitige Sprachqualität käuflicher Vorlese-Programme?

### 3. SPRACHÜBERTRAGUNG

Welcher Frequenzbereich muss übertragen werden?

- Hörbereich Guthörender	ca. 25 ... 20000 Hz
- Sprachspektrum (männlich)	ca. 80 ... 10000 Hz
- Sprachspektrum (weiblich)	ca. 160 ... 10000 Hz
- UKW-Rundfunk (FM)	ca. 25 ... 15000 Hz
- Messbereich ISO 3381	ca. 25 ... 10000 Hz
- MW-Rundfunk (AM)	ca. 25 ... 4500 Hz
- Hörgeräte	ca. 100 ... 6000 Hz
- Telefon	ca. 300 ... 3400 Hz

Welchen Frequenzbereich kann man digital speichern?  
(Wie leistungsfähig ist das Speichermedium [Abtast-Theorem nach Shannon]?)

Welchen Frequenzbereich muss man speichern?

Verwendet man einen linearen oder „bearbeiteten“ Frequenzgang?

## 4. SPRACHABSTRAHLUNG

Erforderliche Verstärker-Leistung  
(Größe, Energieverbrauch, Frequenzgang, Kosten)

Anpassung an die Qualität des Lautsprechers

- Welche Leistung kann der Lautsprecher abstrahlen?
- Welchen Frequenzbereich kann der Lautsprecher abstrahlen?
- Kann man vor Ort den Frequenzgang anpassen?

Welche Lautsprecher kann man einbauen?

- Größe (Durchmesser und Bautiefe)
- Richtwirkung
- Frequenzgang des Lautsprechers / der ELA-Anlage
- elektrische Leistung des Lautsprechers, wann beginnen Verzerrungen
- Wirkungsgrad des Lautsprechers und abgestrahlte Schallleistung vor der Vandalismus-Schutz-Abdeckung
- Kosten

## 5. AKUSTISCHES UMFELD AUF DER HÖRERSEITE

Darbietung im Freien, in Räumen, in Fahrzeugen?

Gedämpfter oder halliger Raum?

Störgeräusche durch

- Nachhall oder Diffusschall?
- Betriebsgeräusche / Fahrgeräusche / Fremdlärm?
- Tätigkeiten anderer Personen?
- Unterhaltungen anderer Personen?

Wie sind die typischen Langzeitspektren und die typischen Pegel der Störgeräusche beschaffen?

Wie ist das aktuelle Spektrum und der aktuelle Störgeräusch-Pegel während der Durchsage?

Unterscheiden sich „technische“ Störgeräusche in ihrer Wirkung von dem Störgeräusch „Sprache“?



## 6. HÖRFÄHIGKEIT DES „ADRESSATEN“

Hörbereich Guthörender	ca. 25 ... 20000 Hz
Hörbereich SH mit Hörgeräten	ca. 100 ... 6000 Hz
Hörbereich SH ohne Hörgeräte	?????
Ist die Sprache vertraut (ausländische Reisende)?	
Welcher Schallpegel ist „zu laut“ (Immissionsschutz oder unangenehm / lästig) ?	
Welcher Schallpegel ist „laut genug“? (Welchen Signal-Rausch-Abstand (SNR) benötigt man für Guthörende, Schwerhörnde, Nicht-Muttersprachler?)	
Ist der notwendige SNR von der Störgeräuschart abhängig?	→ JA
Ist der notwendige SNR vom Sprachspektrum abhängig?	→ JA
Ist der notwendige SNR vom Störgeräuschspektrum abhängig?	→ JA
Ist der notwendige SNR vom Hörvermögen abhängig?	→ JA
Muss man den Signal-Rausch-Abstand für verschiedene Situationen unterschiedlich definieren oder kann man eine Vorgabe für Alle machen?	

## 7. ERFORDERLICHER SIGNAL-RAUSCH-ABSTAND

Für 50 % Satzverständlichkeit (relativ große Redundanz) benötigen.

Guthörende	ca. SNR = -5 dB
Schwerhörige	ca. SNR = 15 dB
ausländische Reisende	ca. SNR = +5 dB

Der SNR wird nicht nur durch Störgeräusche von dritter Seite beeinflusst, sondern auch durch Nachhall!

Bei kurzen Ansagen mit geringer Redundanz sinkt die Sprachverständlichkeit.  
Dann muss SNR größer sein.

Im öffentlichen Bereich sollte mindestens erreicht werden: SNR  $\geq$  +5 dB

Wie definiert man diesen Signal-Rausch-Abstand bei schwankenden Schallpegeln?

**BISHERIGE SCHALL-MESSERGEBNISSE**  
(unter Vorbehalt, Stichprobenzahl noch zu gering)

U-Bahnen DT3	auf freier Strecke (nur 1 Messg.) im Tunnel	ca. 74 dB(A) ca. 79 dB(A)
U-Bahnen DT4	auf freier Strecke (nur 1 Messg.) im Tunnel	ca. 74 dB(A) ca. 72 dB(A)
S-Bahnen ET474	auf freier Strecke im Tunnel	ca. 72 dB(A) ca. 80 dB(A)
Hafenfähren	an Oberdeck unter Deck im Einstiegsbereich	ca. 70 dB(A) ca. 72 dB(A) ca. 74 dB(A)
Bei SNR $\geq +5$ dB Schallpegel am Hörerplatz betragen:	muss der	ca. 74 ... 80 dB(A) + 5 dB = 79 ... 85 dB(A)

## ANFORDERUNGEN FÜR BARRIEREFREIE LAUTSPRECHERDURCHSAGEN

zuerst Störgeräuschminderung durch Lärmvermeidung und Schallabsorption!

gleichmäßige Beschallung aller Fahrgastbereiche

bei lärmsensibler Umgebung

mindestens eine auf die zentralen Wartebereiche reduzierte Beschallung

Lautstärke der Durchsage ist dem Störgeräuschpegel dynamisch nachzuführen

bei Überschreitung eines Störgeräuschgrenzwertes

Verschiebung oder Wiederholung der Durchsage

außerordentliche Ansagen (Gleiswechsel, Verspätungen, Störungen etc.) müssen überall im Umsteigebereich gehört werden können (z. B. auch in der Unterführung)

Abrufmöglichkeit für die Wiederholung der letzten Lautsprecher-Durchsage

optimale Lautstärke für Durchsagen überprüfen bzw. einstellen

## VORTEILE SYNTHETISCHER SPRACHE

Digital erzeugte Texte können parallel als wortgleiche Schrift auf einem Display angezeigt werden (Zwei-Sinne-Prinzip).

Wiederholungen von Ansagen erfolgen wortgleich (Redundanz).

Die synthetische Sprache wird als Standardsprache ausgegeben und nicht mundartlich.

Das Frequenzspektrum der Stimme kann elektronisch so eingestellt werden, dass es sich optimal aus dem Störgeräusch heraushebt, ohne „laut“ zu sein (günstige Lautheit).

Man erreicht eine ausreichend hohe Lautstärke über dem Störgeräusch (hoher SNR).

Die Sprechgeschwindigkeit ist langsam mit gleichmäßigem Redefluss.

Die Sprache hat keine störenden Nebengeräusche.

Durch Umprogrammieren von Schrifttexten ist auch die Sprachausgabe leicht zu variieren.

Außer den Stockwerks- und Fahrtrichtungsansagen und -anzeigen können zusätzlich spezielle Ziele (z.B. Bahnstammmission o. ä.) benannt werden.

Bei Bedarf können digital erzeugte Texte auch mehrsprachig ausgegeben werden.