

Die Übertragung von Sprache über schalldämmende Bauteile

Rainer Thaden, Atila Saltik
 Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

1 Einleitung

Die störende Wirkung von Sprache durch schalldämmende Bauteile übertragen stellt sich zum einen in der Beeinträchtigung der Privatsphäre, zum anderen in der Beeinträchtigung der Konzentrationsfähigkeit z.B. in Großraumbüros mit relativ schlecht dämmenden Bauteilen ein. In der Vergangenheit wurden bereits Hörversuche an schalldämmenden Bauteilen durchgeführt, die in unterschiedliche Schallschutzstufen nach VDI 4100 (R'_w von 53 – 59 dB) gruppiert waren [2]. Es stellte sich dabei heraus, dass relativ große Unterschiede in der Sprachverständlichkeit bei gleichen Einzahlkennwerten auftraten. Möglicherweise wäre also die Angabe eines Beiwertes für die Sprachverständlichkeit zusätzlich zum Einzahlkennwert wünschenswert. Bei den überprüften Wohnungstrennwänden ist allerdings die Verständlichkeit relativ gering, so dass für Wohnungstrennwände die Angabe eines entsprechenden Beiwertes wenig Sinn ergibt. Möglicherweise spielen für die Lästigkeit eher kognitive Effekte eine Rolle („die Nachbarn streiten sich mal wieder ...“), welche durch entsprechende Beiwerte nicht erfasst werden können.

Anders sieht es dagegen in Bereichen aus, in denen relativ schlecht dämmende Bauteile verwendet werden (Großraumbüros, Kundenshops) und in denen eine gewisse Vertraulichkeit und/oder eine dem konzentrierten Arbeiten förderliche Umgebung gewährleistet werden muß. Dazu wurden Hörversuche zur Sprachverständlichkeit an eben solchen Bauteilen durchgeführt. Zum anderen ist zu untersuchen, ob bereits unverständliche Sprache bei einem gewissen Pegel die Konzentrationsleistung beeinträchtigt (Irrelevant Speech Effect [5]). Dazu wurde eine kleine Vorstudie durchgeführt.

Die für die jeweiligen Hörversuche benötigten Signale wurden mittels eines Algorithmus zur Auralisation von Schalldämmmaßen erzeugt, welcher aus gegebenen Spektren des Schalldämmmaßes sowie der binauralen Raumimpulsantwort des Empfangsraumes eine binaurale Übertragungsfunktion zwischen Sende- und Empfangsraum berechnet. Anschliessend kann durch die Faltung eines Quellsignals mit dieser Impulsantwort das entsprechende Schallsignal im Empfangsraum berechnet werden [1].

2 Sprachverständlichkeit

Die Hörversuche wurden wie folgt durchgeführt: Zunächst wurden 6 Raumsituationen simuliert, in denen die Trennwand zwischen Sende- und Empfangsraum typischen Bürotrennwänden nachempfunden wurde [3]. Die Einzahlkennwerte $D_{nT,w}$ sind in Tab. 1 dargestellt, die Werte für D_{nT} in Abb. 1.

DnT der 6 Raumsituationen

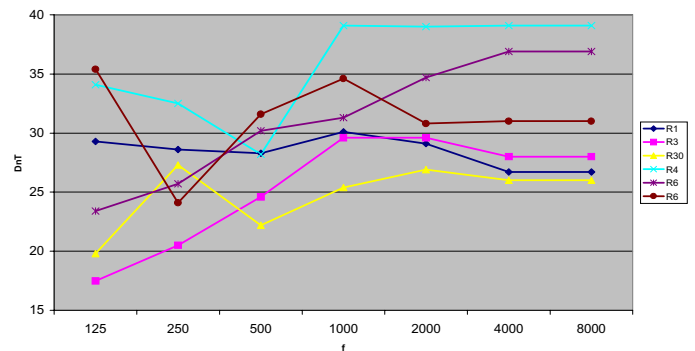


Abb. 1: Standard-Schallpegeldifferenz der 6 Raumsituationen

Raumsit.	R1	R30	R3	R4	R5	R6
$D_{nT,w}$	29,7	26	27	36,2	32,5	32,3

Tab. 1: Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ der 6 Raumsituationen

Als Quellsignale für die Auralisation wurden gesprochene Sätze nach dem Göttinger Satztest verwandt. Der Sprachpegel im Senderaum wurde dabei auf 60 dB(A) eingestellt. Zu den sich ergebenden Signalen im Empfangsraum wurde anschließend rosa Rauschen von 20 dB(A) hinzugefügt, um ein definiertes Grundrauschen zu erhalten.

Insgesamt ergaben sich so 200 Sätze a ca. 5 Wörter, die zu je 30 den 6 Raumsituationen zugeordnet wurden. Die übrigen 20 Sätze wurden als Testmaterial verwendet, um den Versuchspersonen eine Eingewöhnungsphase zur Verfügung zu stellen.

Die Versuchspersonen befanden sich in einer kleinen Schallschuttkabine, ausgerüstet mit einem Kopfhörer über den die auralisierten Schallsignale dargeboten wurden. Über ein kleines Mikrophon konnten jeweils nach der Darbietung eines Satzes die verstandenen Wörter dem außerhalb der Kabine sitzenden Versuchsleiter mitgeteilt werden. Die Wortverständlichkeit (Score) ergab sich jeweils aus der Anzahl der verstandenen durch die Anzahl der nicht verstandenen Wörter.

Am Versuch nahmen 20 Versuchspersonen (VP), hauptsächlich Mitarbeiter des Institutes, teil.

Für das Sprachsignal im Senderaum sowie für das Rauschen im Empfangsraum wurde das Amplitudenspektrum bestimmt. Über die Verrechnung mit der Standard-Schallpegeldifferenz der einzelnen Raumsituationen konnten so die einzelnen Signal-Störabstände bestimmt werden (s. Abb. 3). Auf dieser Basis erfolgte die Berechnung des Artikulationsindex (AI) sowie des Speech Transmission Index (STI) mit einer angenommenen Nachhallzeit von 0,5 s. Aus dem STI wurde wieder zurückgerechnet auf eine Sprachverständlichkeit für deutliche Sprache (Score STI)

nach [4]. In Abb. 2 sind die berechneten Ergebnisse mit den aus den Hörversuch ermittelten Werten dargestellt.

2.1 Ergebnisse

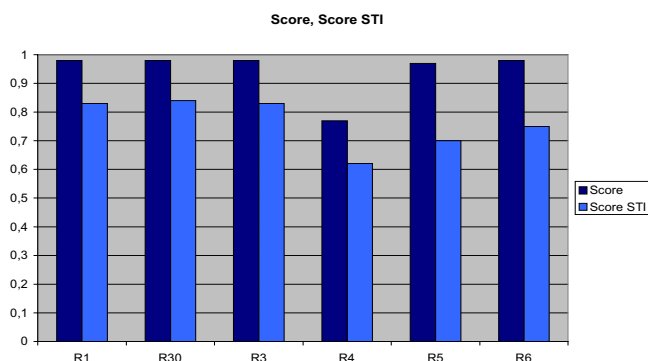


Abb. 2: Ergebnisse des Hörtests (Score) sowie aus dem STI zurückgerechnete Verständlichkeit (Score STI)

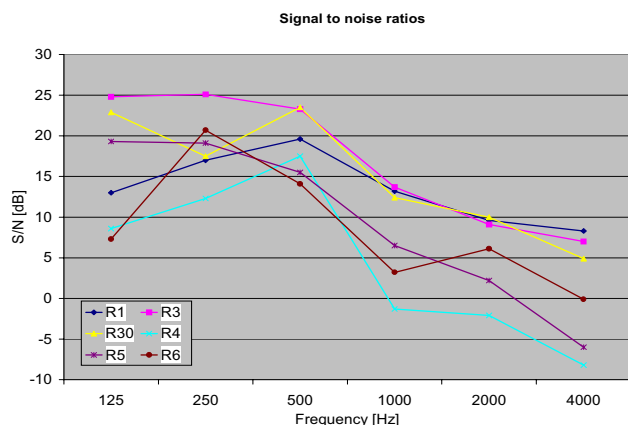


Abb. 3: S/N Verhältnisse im Empfangsraum für Sprache im Senderraum mit 60 dB(A) und rosa Rauschen im Empfangsraum mit 20 dB(A)

3 Beeinträchtigung der Konzentration

Interessant ist hier vor allem der Irrelevant Speech Effect, der die Beeinträchtigung des Kurzzeit-Gedächtnis durch der Sprache ähnliche Signale beschreibt. In Untersuchungen zu diesem Effekt wurde gezeigt, dass für die Beeinträchtigung der Konzentrationsfähigkeit die Verständlichkeit der Sprache eine untergeordnete Rolle spielt. Z.B. trat bei Hörversuchen mit deutschen Probanden und japanischer Sprache als Hintergrundgeräusch der Effekt ebenso ein, wie bei stakkato-ähnlicher Musik (Flötenspiel), was den Schluß zulässt, dass die Modulationsfrequenz (zwischen 4 und 32 Hz) einen entscheidenden Anteil hat. Desweiteren wurde festgestellt, dass der Effekt weitestgehend pegelunabhängig ist. Daher liegt die Vermutung nahe, dass durch schalldämmende Bauteile übertragene Sprache einen ähnlichen Effekt bewirkt, da es sich hier in der Tat um ein ‚sprachähnliches‘ Signal handelt, welches lediglich im Pegel reduziert und frequenzverzerrt wurde.

Der Einfluss des Effektes macht sich bei Tätigkeiten bemerkbar, die das ‚innere Sprechen‘ benötigen, d.h. verschiedene Items werden im Kurzzeit- oder Arbeitsgedäch-

nis anhand ihres ‚Klanges‘ gespeichert, um Sortierung oder ähnliches zu ermöglichen.

Für eine kleine Vorstudie wurde ein Programm erstellt, welches eine Untersuchung des Effektes analog zur Methode von Hellbrück [5] ermöglichen sollte.

Als Testaufgabe wurde der Versuchsperson in Abständen von einer Sekunde (mit je 750 ms Reiz und 250 ms Pause) eine Zahlenreihe bestehend aus 9 Ziffern (0-9) dargeboten. Anschließend sollte die Zahlenreihe in der korrekten Reihenfolge über eine auf dem Bildschirm dargestellte Zehner-tastatur per Maus eingegeben werden. Dabei wurde zum einen die Fehlerrate zum anderen die benötigte Zeit pro Mausklick erfasst. Über Kopfhörer bekam die Versuchsperson u.a. rosa Rauschen mit einem Pegel von 30 dB(A), Sprache von 65 dB(A) im Senderraum sowie Sprache durch eine Wand mit einem Einzahlkennwert von $R'w = 40$ dB auralisiert dargeboten. In einer ersten Testreihe an lediglich 5 Probanden zeigte sich, dass viele Störvariablen wie Eingewöhnungszeit, Lerneffekte, Strategiewechsel etc. die Messungen stark beeinflussen. Auch wurde die Aufgabe von der Mehrzahl der Personen als zu schwierig empfunden. Daher sollen im weiteren Verlauf dieser zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschlossenen Arbeit einige Vorversuche mit einer abgeänderten Strategie durchgeführt werden. Im Anschluß ist geplant, in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Allgemeine und Arbeitspsychologie der RWTH Aachen eine größere Studie durchzuführen.

4 Zusammenfassung

Es wurden Hörversuche zur Sprachverständlichkeit bei der Schallübertragung zwischen Räumen durchgeführt. Die Berechnung eines Beiwertes für die Sprachverständlichkeit aus den Schalldämmmaßen kann noch verbessert werden. Die Erfassung der Konzentrationsbeeinträchtigung durch Sprache über schalldämmende Bauteile übertragen wird zum Zeitpunkt der Niederschrift in einer Vorstudie erprobt und soll in einer weiteren Arbeit durchgeführt werden.

5 Literatur :

- [1] Vorländer, Thaden: "Auralisation of Airborne Sound Insulation in Buildings", *Acustica united with acta acustica* 86 (2000) No. 1, p. 70-76
- [2] Thaden, R.: "Investigation on the relation between single number ratings and speech intelligibility", *InterNoise 2001*, The Hague
- [3] Taibo et al.: Simplified technique for the evaluation of airborne sound insulation in buildings, *J. Acoust. Soc. Am.* 72(2), p. 449 - 459
- [4] Payton et al.: "Intelligibility of conversational and clear speech in noise and reverberation for listeners with normal and impaired hearing", *J. Acoust. Soc. Am.*, 1994, 95(3), p. 1581
- [5] Hellbrück: „Der Irrelevant Speech Effect: Wirkungen von Hintergrundschall auf das Arbeitsgedächtnis“, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 4/93, S. 91-101