

Untersuchungen zur Sprachverständlichkeit als raumakustischer Parameter von Mehrpersonenbüros

Elmar Schröder¹, Ulrich Schanda²

¹ Müller-BBM GmbH, 82152 Planegg, Deutschland, Email: ElmarSchroeder@muellerbbm.de

² Hochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, Deutschland, Email: schanda@fh-rosenheim.de

Einleitung

Zur Beschreibung der raumakustischen Verhältnisse in Mehrpersonenbüros werden eine Reihe von Kenngrößen verwendet, die meist folgende Raumeigenschaften kennzeichnen: Raumbedämpfung, Schallausbreitung, Sprachverständlichkeit.

Die Raumbedämpfung wird in der Regel durch die Nachhallzeit bzw. das A/V-Verhältnis beurteilt.

Zur Beurteilung der Schallausbreitung gibt es Kriterien wie die Schalldruckpegelabnahme je Abstandsverdopplung DL_2 [1]. In dieser Kenngröße ist die Wirkung einer quellen nahen Abschirmung und Dämpfung nicht enthalten. Hierfür wird der Sprachschalldruckpegel in 4 m Abstand von der Schallquelle $L_{p,A,S,4m}$ verwendet, dem ein bestimmtes A-bewertetes Sprachschalldruckleistungsspektrum zugrunde liegt.

Zur Beurteilung der Sprachverständlichkeit wird in der Regel der Sprach-Übertragungs-Index STI und selten die Deutlichkeit D_{50} verwendet.

Aus vielen Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Nachhallzeit und Deutlichkeit in Räumen mit annähernd diffusen Schallfeldverhältnissen ist bekannt, dass diese Größen gut miteinander korrelieren. Es stellt sich daher die Frage, ob dies auch für den Fall von Mehrpersonenbüros, die Flachräume mit mehr oder weniger vielen abschirmenden Elementen darstellen, gilt. Es wurden daher Untersuchungen zur Korrelation des Sprach-Übertragungs-Index STI mit der Deutlichkeit D_{50} , mit der Nachhallzeit T_{20} und mit der Pegelabnahme $L_p - L_w$ durchgeführt.

Neben der Fragestellung der Korrelation des STI mit anderen raumakustischen Parametern ist auch der Einfluss auf das Konzentrationsvermögen unter realistischen Bedingungen in Mehrpersonenbüros von Interesse. Es wurden daher zusätzlich Hörversuche über den Zusammenhang zwischen STI und Arbeitsgedächtnisleistung durchgeführt.

Korrelation des STI mit anderen raumakustischen Parametern

Die raumakustischen Parameter wurden aus messtechnisch erfassten Impulsantworten abgeleitet. Hierfür wurden Messungen in sieben Büroräumen mit insgesamt 38 Varianten durchgeführt, wobei 700 binaurale Impulsantworten erfasst wurden. Die Ausstattung der Räume ist repräsentativ für alle möglichen am Markt vorzufindenden Varianten. Als Schallquelle wurde ein Dodekaeder und als Empfänger ein Kunstkopf verwendet.

Aus den Impulsantworten wurden folgende raumakustischen Kenngrößen abgeleitet:

- Sprach-Übertragungs-Index STI [2]
- Deutlichkeit D_{50} , Mittelwert 500 Hz und 1.000 Hz
- Nachhallzeit T_{20} , Mittelwert 500 Hz bis 2.000 Hz
- Schalldruckpegelabnahme $L_p - L_w$ in Anlehnung an [1], aber unter Verwendung männlicher Sprache gemäß [2] und mit Normkurven gleichen Lautstärkepegels (ISO 226) anstatt der A-Bewertung

In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass zwischen STI und D_{50} eine hohe Korrelation besteht. Einer der beiden Parameter ist somit redundant.

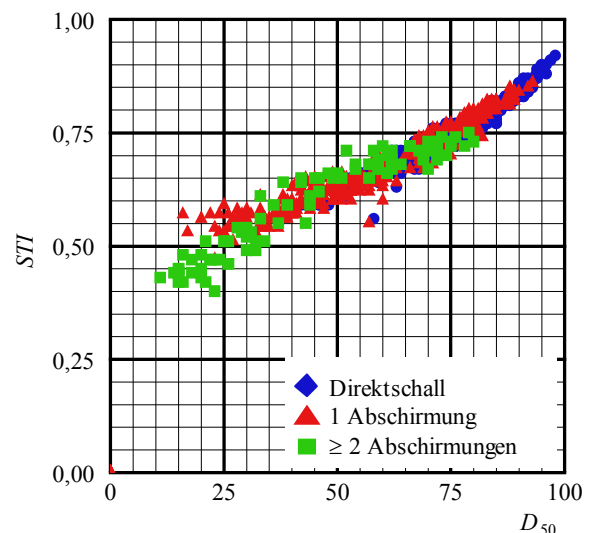
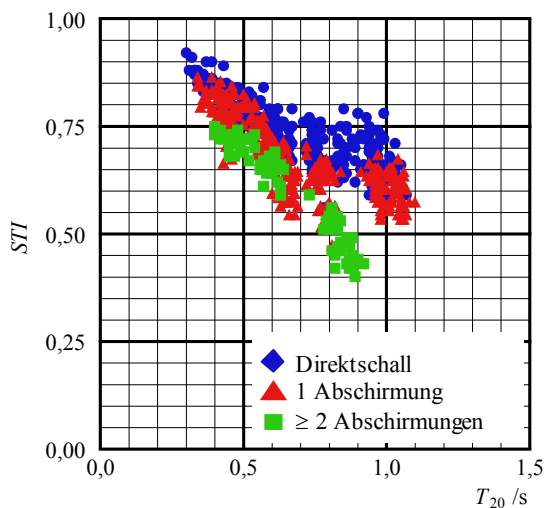
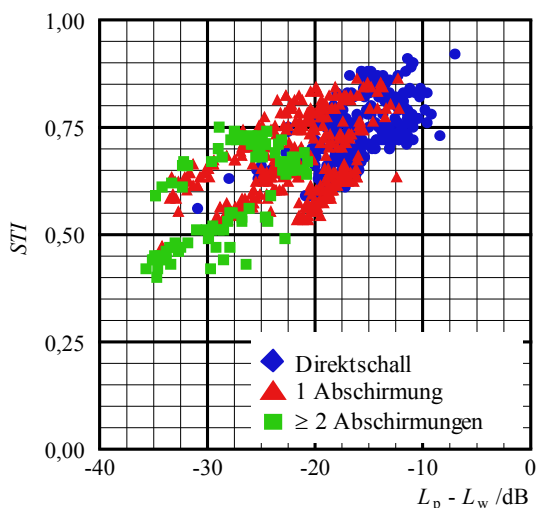


Abbildung 1: STI in Abhängigkeit von D_{50} .

Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang zwischen STI und T_{20} . Hier zeigt sich deutlich der Einfluss von Abschirmungen auf den STI bei gleicher Nachhallzeit. Abschirmungen verringern die Sprachverständlichkeit deutlich. Im Gegensatz zu Räumen mit annähernd diffusen Schallfeldern besteht in Flachräumen daher nur eine geringe Korrelation zwischen STI und T_{20} .

Abbildung 3 zeigt die Abhängigkeit des STI von der Pegelabnahme $L_p - L_w$. Auch hier zeigt sich eine geringe Korrelation durch eine starke Abhängigkeit des STI von der Art der Abschirmung bei gleicher Pegelabnahme.

Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass die Sprachverständlichkeit eine unabhängige Größe von Raumbedämpfung und Schallausbreitung darstellt und somit nicht redundant ist.

Abbildung 2: *STI* in Abhängigkeit von T_{20} .Abbildung 3: *STI* in Abhängigkeit von $L_p - L_w$

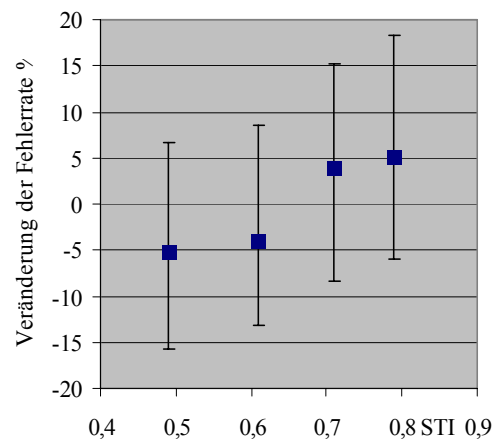
Einfluss des *STI* auf die Arbeitsgedächtnisleistung

Die Untersuchungen zum Einfluss des *STI* auf die Arbeitsgedächtnisleistung wurden anhand von Hörversuchen durchgeführt. Dabei wurden Bürogeräusche über Kopfhörer dargeboten, während die Probanden visuell dargebotene Folgen von sieben Buchstaben erfassen und anschließend notieren mussten. Ausgewertet wurde die Fehlerzahl der notierten Buchstabenfolgen. Als Bürogeräusch wurden ein Telefonat in ca. 3 m Entfernung, ein Monolog in ca. 6 m Entfernung sowie ein Tastaturklappern und ein Telefonklingeln verwendet. Die hallfreien Signale wurden mit messtechnisch erfassten Impulsantworten gefaltet und zusammengemischt. Dabei wurden Impulsantworten aus Räumen verwendet, bei denen die mittlere Nachhallzeit $T_{20} \approx 0,6$ s, die Pegelabnahme in 3 m Entfernung $L_p - L_w \approx -15$ dB und in 6 m Entfernung $L_p - L_w \approx -20$ dB betrug. Die Schalldruckpegel der gefalteten Signale wurden für alle Situationen auf gleiche Werte korrigiert. Es wurden Impulsantworten ausgewählt, die einen *STI*-Bereich von 0,5...0,8 aufwiesen, welcher auch in realen Bürosituationen

minimal bzw. maximal in der jeweiligen Entfernung vorgefunden wurde.

Die Hörversuche wurden mit 48 Probanden durchgeführt. Ein Hörversuch dauerte ca. 16 Minuten. Die Gesprächsinhalte wurden für jede Raumsituation variiert, um einen Seriationseffekt zu vermeiden.

In Abbildung 4 ist die Veränderung der Fehlerrate über dem *STI* dargestellt. Die Fehlerrate ist auf den Mittelwert der individuellen Fehlerrate der einzelnen Probanden normiert. Bei einer Erhöhung des *STI* von 0,5 auf 0,9 ergab sich eine Erhöhung der Fehlerrate um 10 %. Andere Autoren berichteten für diesen *STI*-Bereich über Veränderungen der Fehlerrate um 7 % [3] und 6 % [4].

Abbildung 4: Fehlerrate in Abhängigkeit vom *STI* (Fehlerbalken: 25 %- bzw. 75 %-Quantile)

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass auch in Flachräumen mit Abschirmung eine hohe Korrelation zwischen Deutlichkeit und *STI* vorliegt. Sowohl zwischen *STI* und Nachhallzeit als auch zwischen *STI* und Schalldruckpegelabnahme besteht nur eine geringe Korrelation. Die Sprachverständlichkeit stellt somit eine eigenständige Größe im Verhältnis zur Raumbädämpfung und zur Schallausbreitung dar.

Anhand von Hörversuchen zur Arbeitsgedächtnisleistung wurde gezeigt, dass sich die Fehlerrate um 10 % erhöht, wenn der *STI* von 0,5 auf 0,8 steigt.

Literatur

- [1] ISO 3382-3 Akustik - Messung von Parametern der Raumakustik - Teil 3: Durchgehende Räume. E 2009
- [2] DIN EN 60286-16 Elektroakustische Geräte - Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex. 2004
- [3] Hongisto, V.: A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance. Indoor Air, 15, 2005, pp 458–468.
- [4] Liebl, A. et al: The influence of speech intelligibility on performance and acoustic comfort in offices. Internoise 2010