

# Optimale akustische Umgebung sichert das Sprachverstehen

Carsten Ruhe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *hörgerrecht planen und bauen, 25497Prisdorf, E-Mail: carsten.ruhe@hoeren-und-bauen.de*

## Grundlagen

### Gesetzliche Grundlagen

Zur Barrierefreiheit gibt es in Deutschland im Wesentlichen drei gesetzliche Vorgaben, nämlich

1. Grundgesetz [1] mit Art. 3, Abs. 3,
2. Bundes- und Landes-Gleichstellungsgesetze für Menschen mit Behinderungen [2]
3. UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen [3], welche am 26. März 2009 durch Ratifizierung in der BRD in Kraft getreten ist.

### Normative Grundlagen

1. Für das Barrierefreie Bauen von öffentlichen Gebäuden ist DIN 18040-1 [4] maßgeblich.
2. In Bezug auf Menschen mit Hör-Einschränkungen wurde DIN 18041 [5] überarbeitet.
3. Anforderungen zum Schallschutz enthält DIN 4109 [6].

### Definition von Barrierefreiheit

Im BGG § 2 (3) ist die Barrierefreiheit umfassend wie folgt definiert:

Barrierefrei sind **bauliche** und sonstige **Anlagen**, Verkehrsmittel, technische Gebrauchsgegenstände, Systeme der Informationsverarbeitung, **akustische** und visuelle **Informationsquellen** und **Kommunikationseinrichtungen** sowie andere gestaltete Lebensbereiche, wenn sie für behinderte Menschen

1. in der allgemein üblichen Weise,
2. ohne besondere Erschwernis und
3. grundsätzlich ohne fremde Hilfe auffindbar, zugänglich und **nutzbar** sind.

Wesentlich gegenüber vorangegangenen Regelungen ist die Forderung nicht nur der Zugänglichkeit sondern auch der Nutzbarkeit. Die Schwerhörenden haben das so formuliert:

Nicht das **Da-Sein**, sondern das **Dabei-Sein** ist wichtig!

### Die drei Prioritäten

Hinsichtlich der Wichtigkeit von Informationen, welche aufzunehmen, zu verarbeiten und wahrzunehmen sind, wird im Bereich der Seh- und der Hörschädigung nach drei Prioritäten unterschieden:

Priorität 1: Die oberste Priorität haben Alarm- und Warnsignale bei Gefahr für Leib und Leben. Das Nicht-Erkennen dieser Informationen ist lebensgefährlich!

Priorität 2: Informationen, die Entscheidungen vorbereiten oder ohne Möglichkeit der Rückfrage dargeboten werden, haben mittlere Priorität. Das Nicht-Erkennen dieser Informationen ist i. A. ärgerlich.

Priorität 3: Informationen, die unterstützend dargeboten werden oder bei denen Rückfragen möglich sind (Kommunikation), haben die niedrigste Priorität. Ein Ausgleich ist i. A. „mit Bordmitteln“ möglich.

### Das Zwei-Sinne-Prinzip

In der Priorität 1 ist das Zwei-Sinne-Prinzip **immer** und **unmissverständlich** notwendig.

In der Priorität 2 ist das Zwei-Sinne-Prinzip **grundsätzlich** und **so gut wie möglich** anzubieten und der erste Sinn zu unterstützen.

In der Priorität 3 sind der erste Sinn und das Zwei-Sinne-Prinzip **etwa gleichrangig**.

Daraus ergibt sich die „sensorisch barrierefreie Weltformel“:

$$3 + 2 = 1$$

3 Prioritäten + 2 Sinne = 1-fach für Alle

### Beispiele zu den Prioritäten

Priorität 1: Bei den Alarm- und Warnsignalen, welche nicht wahrgenommen werden, ergeben sich Unfallgefahren zum Beispiel dadurch, dass Lkw oder Motorräder nicht gehört werden, dass beim Steckenbleiben im Aufzug wegen der fehlenden Kommunikation nach außen Stress und Kreislaufkollaps auftreten können oder dass bei Aufforderung zur Räumung von Bahnhöfen oder Flughäfen zum Beispiel wegen Feuer oder Bombenalarm durch das Nicht-Wahrnehmen erhebliche Verzögerungen und Gefahren auftreten können. Zum Thema der Sicherheit gehört auch das subjektive Sicherheitsgefühl (zum Beispiel bei „dunklen Ecken“).

Priorität 2: Das Nichterkennen von Informationen ist nicht nur für Schwerhörende ärgerlich, sondern bisweilen auch für Guthörnde, wie das Beispiel zeigt: Wenn Durchsagen im Bahnhof, Flughafen oder im Zug nicht verstanden werden, dann kann es durchaus vorkommen, dass die gewünschten Anschlüsse nicht erreicht werden. Damit können Zeitverzögerungen von mehreren Stunden entstehen.

Priorität 3: Informationen, bei welchen Rückfragen möglich sind (üblicherweise bezeichnet man sie als Kommunikation) werden ebenfalls durch Ergänzungen nach dem Zwei-Sinne-Prinzip vereinfacht. Hierzu gehört zum Beispiel der gemeinsame Blick auf den Bildschirm im ReiseCenter der Bahn, aber auch das Absehen der Mundbewegungen während des Sprechens vereinfacht die Kommunikation erheblich. Guthörnde kennen solche Situationen aus Bereichen mit starken Störgeräuschen ebenfalls.

### Schallschutz

Die Schallschutz-Anforderungen für optimale akustische Umgebungen richten sich nach [6]. Sie beziehen sich auf den Schutz

1. gegen Außenlärm,
2. gegen Geräusche aus Nachbarräumen und
3. gegen Geräusche technischer Anlagen.

Auch in Anhang B von [5] sind einzuhaltende Schallpegel in Veranstaltungsräumen beschrieben, die sich im Wesentlichen auf die Geräusche der dortigen Lüftungsanlagen und Beamer beziehen.

### Raumakustik

Anlass für die Überarbeitung von [5] war die Ratifizierung der UN-Konvention durch die BRD. Seitdem sind alle (öffentlichen) Neubauten so zu errichten, dass sie inklusiv genutzt werden können. Die Sonder-Anforderungen, welche in der Fassung von 2004 für Hörgeschädigte enthalten waren, wurden in der Neufassung zu den jetzt geltenden Standard-Anforderungen (exklusive Lösungen können nicht inklusiv sein). Die Soll-Werte der alten Normfassung sind noch enthalten, gelten aber allenfalls für Umbauten und Modernisierungen. Besser wäre, man machte es auch dort gleich ganz richtig.

Anforderungen zur hörgerechten Raumakustik für Sprache:

1. Optimal kurze Nachhallzeit
2. Freiheit von (Mehrfach)-Echos
3. Geringe (Publikums)-Geräusche

### Technische Unterstützung

1. In [4] wird unter 5.2.2 gefordert, dass dann, wenn Lautsprecher für Guthörende eingebaut werden, auch Höranlagen zu installieren sind. In einer Anmerkung wird zusätzlich auf die vorteilhafte Anwendung der induktiven Übertragung hingewiesen.
2. Bild-Projektionen (wie sie bei Auftritten von Politikern häufig zu sehen sind) erleichtern das Absehen vom Mund.
3. Auch die Dolmetschung mit Gebärden oder als Verschriftlichung sprachlicher Informationen unterstützen nach dem Zwei-Sinne-Prinzip.

### Wirkung kurzer Nachhallzeiten

Ein Beispiel für die Auswirkung der Nachhallzeitverkürzung auf den Nutzsinalpegel und auf den Schallpegel der Störgeräusche zeigt die Abbildung 1. In der „Essex-Studie“ [7] wurden vier baugleiche Klassenräume im Ursprungszustand belassen bzw. an die Anforderungen dreier unterschiedlicher in Großbritannien geltender Regelwerke angepasst. Während mehrerer Wochen unterrichteten dieselben Lehrer dieselben Schüler in den gleichen Fächern (aber in raumakustisch immer wieder unterschiedlichen Räumen), nachdem über das Wochenende wechselweise die Umrüstung auf einen anderen Standard erfolgte.

Die Regressionsgeraden der Sprach-Nutzsinalpegel und der Hintergrundschallpegel zeigen, dass bei einer Verkürzung der

Nachhallzeit von 1,2 s auf 0,4 s der  $L_{Aeq}$  von 70 dB auf 62 dB abnimmt, während sich der  $L_{A90}$  von 62 dB auf 43 dB verringert. Der Signal-Rausch-Abstand beträgt zunächst nur  $L_{Aeq} - L_{A90} = 8$  dB. Er vergrößert sich bei der sehr kurzen Nachhallzeit von 0,4 s auf  $L_{Aeq} - L_{A90} = 19$  dB, einen auch für Hörgeschädigte ausgezeichneten Wert (erf.  $S/N \geq 15$  dB).

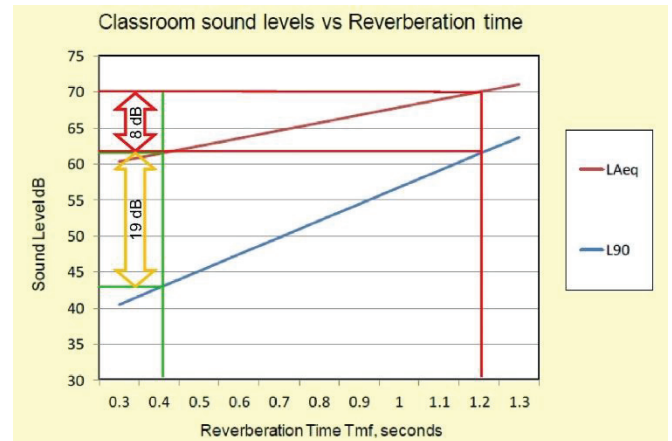


Abbildung 1: Schallpegel des Sprach-Nutzsinalpegel  $L_{Aeq}$  und des Hintergrundschallpegels  $L_{A90}$  in Abhängigkeit von der Nachhallzeit RT nach [7]

Durch die Schallabsorption verringert sich der **Nutzsinalpegel**. Bei einer Drittelung der Nachhallzeit müsste der Pegel (physikalisch) um 5 dB abnehmen. Bei Abnahme um 8 dB haben in dem gedämpften Raum Alle im Mittel um 3 dB leiser gesprochen.

Durch die Schallabsorption verringert sich der Störgeräuschpegel. Bei einer Drittelung der Nachhallzeit müsste er (physikalisch) ebenfalls um 5 dB abnehmen. Der „Lombard-effekt“ bewirkt, dass die „Störer“ sich im gedämpften Raum selbst auch leiser verhalten und dass der Störgeräuschpegel dadurch überproportional abnimmt. Damit steigen der Signal-Rausch-Abstand SNR von 8 dB auf 19 dB und auch der Sprachübertragungsindex STI.

Oberdörster und Tiesler [8] beschreiben Klassenräume, die hinsichtlich Volumen, Raumform, Möblierung, Besetzung und Nutzung sehr ähnlich waren. Sie haben den Sprachübertragungsindex STI der jeweiligen Nachhallzeit RT gegenüber gestellt (Abbildung 2).

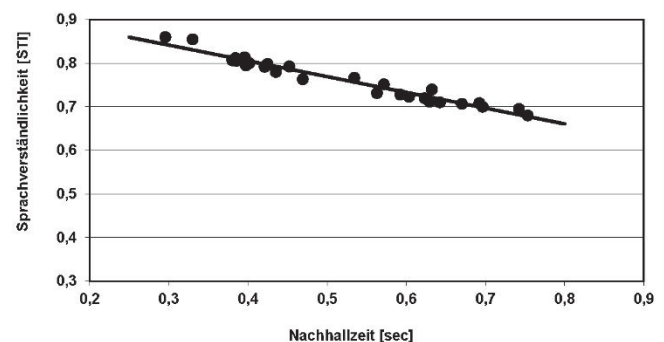
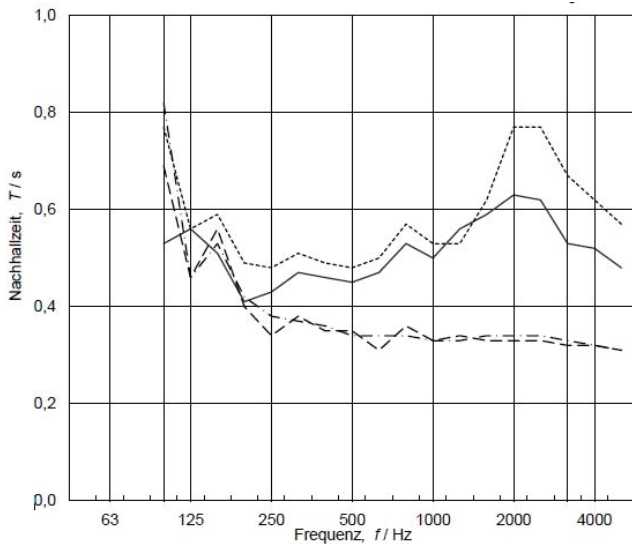


Abbildung 2: Sprachübertragungsindex STI in Abhängigkeit von der Nachhallzeit RT nach [8]. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,977.

Die Regressionsanalyse führte zu  $STI = 0,949 - 0,361 \cdot RT$  mit einem. Demnach wird die Sprachverständlichkeit umso besser, je kürzer die Nachhallzeit ist. Die mittlere Nachhallzeit von  $RT = 0,5$  s markiert die Grenze zwischen „sehr guter“ ( $STI > 0,75$ ) und „guter“ ( $STI < 0,75$ ) Sprachverständlichkeit. Und so heißt es völlig richtig in [5] Abschnitt 4.2.3: *Im Zweifelsfall sollten in Räumen zur Sprach-Information und -Kommunikation eher kürzere als längere Nachhallzeiten realisiert werden.*

### Beseitigung von Flatterechos

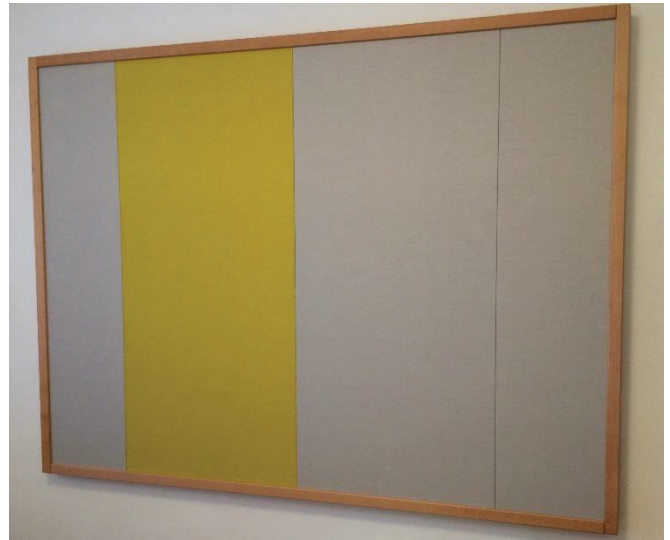
Schallabsorbierende Wandpaneele umfassen in vielen Fällen aus baupraktischen Gründen nur eine Fläche von etwa  $6,5 \text{ m}^2$ . Das ist im Verhältnis zur Deckenfläche (z. B. in Schulklassen) ein Anteil von lediglich etwa 10 %. Deshalb wird oft vermutet, man könne darauf verzichten, weil die damit erzielte Verminderung der Nachhallzeit marginal sei. Das stimmt aber nicht, wie ein messtechnisch belegtes Beispiel aus einem Büroraum zeigt.



**Abbildung 3:** Ergebnisse von Messungen der Nachhallzeit aus einem Büroraum. Obere Kurven ohne schallabsorbierendes Wandpaneel mit Flatterechos insbesondere bei 2000 und 2500 Hz, untere Kurven mit schallabsorbierendem Wandpaneel ohne Flatterechos.

In Abbildung 3 sind als obere Kurven Nachhallzeiten im Ursprungszustand mit zwei parallelen schallharten Flächen und den dadurch bewirkten Flatterechos dargestellt. Die oberste Kurve ist der Mittelwert von Messungen, bei denen das Messmikrofon sich vor einer der beiden Wände befand. In dem durch die Flatterechos beeinflussten Frequenzbereich beträgt die Nachhallzeit  $0,78$  s. Bei Aufstellung des Messmikrofons auf Ohrhöhe einer sitzenden Person in zwei diagonal gegenüber liegenden Raumkanten ergibt sich ein Mittelwert von etwa  $0,63$  s, obwohl man die Flatterechos hier nicht mehr deutlich wahrnehmen kann. Nach Montage eines schallabsorbierenden Wandpaneels (Abbildung 4) von nur  $2,4 \text{ m}^2$  Fläche verkürzt sich die Nachhallzeit entsprechend den beiden unteren Kurven für beide Messpositionen auf  $0,33$  s, also auf weniger als den halben Wert. Rechnerisch müsste das schallabsorbierende Wandpaneel einen Absorptionsgrad von mehr als 2 haben, was physikalisch unmöglich ist. Diese

Situation und ihre nachhaltige Verbesserung sind ausschließlich durch das vorher nicht-diffuse Schallfeld bestimmt. Derartige (Flutter)-Echos sind in (z. B.) Klassenzimmern unbedingt zu vermeiden, weil das Gehör Schwerhörender über eine deutlich schlechtere zeitliche Auflösung verfügt.



**Abbildung 4:** Schallabsorbierendes Wandpaneel ( $2,4 \text{ m}^2$ ) in einem Büroraum.

### Literatur

- [1] Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland
- [2] Gesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (BGG), 27.04.2002
- [3] UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen, ratifiziert am 26.03.2009
- [4] DIN 18040-1:2010-10 Barrierefreies Bauen, Öffentlich zugängliche Gebäude
- [5] DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen
- [6] DIN 4109-1:2016-07 Schallschutz im Hochbau
- [7] Canning D., James A.: Essex Study Final Report: Optimised classroom acoustics for all. London South Bank University, The Association of Noise Consultants, St Albans (2012)
- [8] Oberdörster, M., Tiesler, G.: Akustische Ergonomie in der Schule. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 1071 (2006)