

Vom Hören und Verstehen

Die DIN 18041 behandelt die „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“. Unser Akustik-Experte Prof. Dr. Ivar Veit erläutert die Begriffe der Norm am Beispiel von Unterrichtsräumen und Gruppenräumen in Kindergärten.

Die DIN 18041 [1] verweist auf die „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“. Zunächst ein Hinweis auf die Größe solcher Räume: Unter kleinen bis mittelgroßen Räumen versteht man gemäß dieser Norm generell Räume mit einem Volumen bis zu 5 000 m³. Räume mit einem Volumen bis 250 m³ gelten als klein, während Räume mit einem Volumen zwischen 250 und 5 000 m³ als mittelgroß gelten.

Die Frage, was man denn unter dem Begriff der „Hörsamkeit“ versteht, lässt sich nicht so einfach in zwei Sätzen und mit zwei Zahlen beantworten. Stattdessen findet man in der Literatur [2][3] eine Auflistung von vielen Faktoren, die nicht nur die Wirkungen der rein akustischen Eigenschaften eines für Schalldarbietungen (z. B. Musik oder Sprache) vorgesehenen Raumes am Ort eines „Hörenden“ beschreiben, sondern auch dessen persönliche Befindlichkeiten berücksichtigen. Zusammengefasst lässt sich die **Hörsamkeit** etwa wie folgt umschreiben und verdeutlichen:

- Sie beschreibt nicht nur die physikalischen Eigenschaften eines Raumes, sondern auch die hörpsychologischen Wirkungen auf den Hörenden,
- sie ist abhängig von den Eigenschaften der Schallquellen (z. B.: Sprecher, Musikinstrumente etc.) und von den Eigenheiten des erzeugten Schalls (bei Musik z. B. können das unterschiedliche Stilrichtungen sein),
- sie ist abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, z. B. an

welcher Stelle eines geschlossenen Raumes man eine akustische Darbietung wahrnimmt, und

- sie ist nicht zuletzt auch den individuellen Eigenschaften des Hörenden bzw. Beurteilenden (Hörvermögen, Geschmack usw.) unterworfen.

Diese Punkte findet man sinngemäß auch in der von Plenge [3] angegebenen *Definition* für die Hörsamkeit, die im Übrigen auch bei Wikipedia (fast wörtlich) nachzulesen ist. Auch bei *Lothar Cremer* und *Helmut A. Müller* [2] kann man ausgiebig über das Thema Hörsamkeit nachlesen, wobei dort auch auf größere Räume Bezug genommen wird, z. B. Sprechtheater.

Ferner wird in diesem Werk darauf hingewiesen, dass die Hörsamkeit dann gut sei, „wenn eine hohe Silbenverständlichkeit gegeben ist“. Wie die beiden zuletzt genannten Autoren zu Recht feststellen, genügt es nicht, einem Raum „angemessene Nachhallzeiten oder ausgeglichene Frequenzgänge“ zu geben, wenn z. B. bei musikalischen Darbietungen die „Akustik“ dem Ohr eines Zuhörers nicht „gefällt“.

Subjektivität spielt mit bei der Nachhallempfindung

Bereits in einer frühen Ausgabe der DIN 18041, nämlich vom Oktober 1968 (damals waren es nur 7 Seiten), wurde die Hörsamkeit als eine wichtige Größe herausgestellt, die zur Beurteilung der „Eignung eines Raumes für Schalldarbietungen“ wesentlich

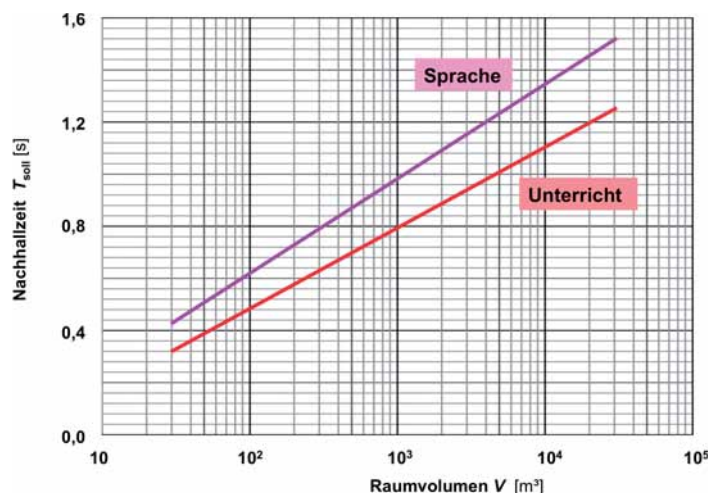


Abbildung 1: Sollwert T_{soll} der Nachhallzeit für Sprache und Unterricht nach DIN 18041 in Abhängigkeit vom Raumvolumen V .

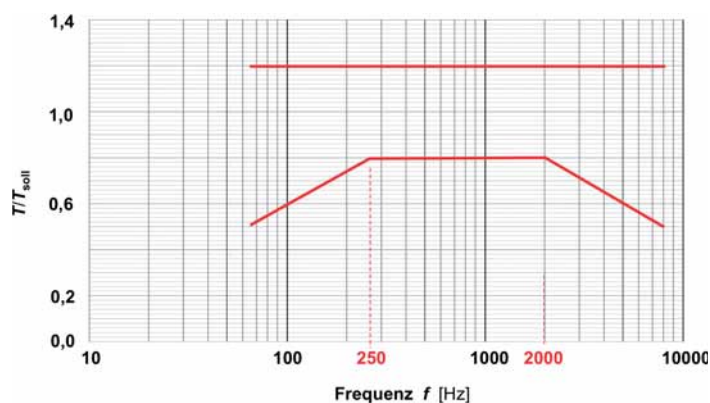


Abbildung 2: Anzustrebender Bereich für die auf T_{soll} bezogene Nachhallzeit T in Abhängigkeit von der Frequenz, und zwar für Räume, die vornehmlich für Sprache genutzt werden.

beiträgt. Des Weiteren wurde dort auch auf die Notwendigkeit einer ausreichenden Sprachverständlichkeit hingewiesen, die man durch eine zweckmäßige geometrische Raumgestaltung in Verbindung mit der Realisierung geeigneter Nachhallzeiten erreichen kann. Wenn von der Nachhallzeit ganz allgemein die Rede ist, meint man im Allgemeinen stets die *Sabine'sche* Nachhallzeit $RT60$, die aus dem 60dB-Abfall der Nachhallkurve [4] ermittelt wird.

Wie wir heute aber wissen, wird unser subjektives Empfinden von Nachhall in einem geschlossenen Raum nicht nur von der **Nachhallzeit $RT60$** allein bestimmt, sondern in besonderem Maße auch von der so genannten **frühen Abklingzeit EDT** (engl: *Early Decay Time*). Darunter ver-

steht man diejenige Zeit, in der der Schalldruckpegel nach dem unmittelbaren Abschalten einer Schallquelle um -10 dB abklingt. Beide Zeiten, $RT60$ und EDT , stehen nicht zwangsläufig miteinander in Zusammenhang. Lediglich in einem „völlig“ diffusen Schallfeld verlaufen beide Abklingvorgänge mit gleicher Neigung ihrer Abklingkurve.

In der Praxis wird häufig die Frage nach der optimalen Nachhallzeit gestellt. Damit meint man diejenige Zeit, die von der Mehrzahl von Zuhörern, und bei Musikdarbietungen auch von Mitwirkenden, als angenehm und somit als „optimal“ empfunden wird. Neben der Frequenz f und dem Raumvolumen V hängt diese Zeit natürlich auch noch davon ab, für welchen Zweck der jeweilige Raum aus raumakus-

tischer Sicht verwendet werden soll. Bei Räumen, die hauptsächlich sprachlichen Darbietungen dienen, wie z. B. Hörsäle, Unterrichtsräume in Schulen, aber auch Gruppenräume in Kindergärten, sollten die Nachhallzeiten möglichst klein sein. Andererseits aber bedeutet ein sehr geringer Nachhall gleichzeitig auch eine Absenkung der Lautstärke eines Sprechers, d. h. des Raumpegels, um

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \left(1 + \frac{\Delta A}{A_1} \right) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

A_1 = Äquivalente Schallabsorptionsfläche eines hinsichtlich seiner Hörsamkeit noch nicht behandelten Raumes
 $\Delta A = A_2 - A_1$ = Zuwachs an Schallschluckfläche durch Einbringung von zusätzlichem Absorptionsmaterial (mit einer äquivalenten Absorptionsfläche A_2) in den Raum

infolge einer zu großen Absorption, so dass hier mittlere Nachhallzeiten um die 0,6 bis 0,8 s im Frequenzbereich zwischen 0,5 bis 1,0 kHz bereits als „optimal“ gelten können. Für Hörbehinderte, aber auch für Personen mit anderer Muttersprache, dürfen diese Werte sogar noch um etwa 20% niedriger liegen. Übrigens, eine Verdopplung der Schallschluckfläche A_1 ($\Delta A = A_1$) senkt gemäß Gleichung 1 den Raumpegel um -3 dB ab.

Sprachverständlichkeit ist wesentliches Kriterium

Bereits in früheren Ausgaben der DIN 18041 waren Sollwerte T_{soil} für die anzustrebende Nachhallzeit angegeben. In der Neufassung der DIN 18041 vom Mai 2004 [1] (sie umfasst inzwischen 39 Seiten!) werden empirische Formeln zur Ermittlung des T_{soil} -Wertes für unterschiedlich genutzte Räume angegeben. Für Unterrichtsräume z. B. lautet die Formel:

$$T_{\text{soil}} = 0,32 \cdot \lg V(\text{m}^3) - 0,17 \quad [\text{in: s}] \quad (2)$$

Für ein Raumvolumen von beispielsweise 250 m³ ergibt diese Formel ein T_{soil} von 0,597 ≈ 0,6 s.

Den anzustrebenden Sollwert der Nachhallzeit T_{soil} für Sprache und Unterricht im mittleren Frequenzbereich (250 – 2 000 Hz) in Abhängigkeit vom Raumvolumen

Tabelle 1: Sprachübertragungsindex STI

STI:	0–0,3	0,3–0,45	0,45–0,6	0,60–0,75	0,75–1,0
	unverständlich	schlecht	ausreichend	gut	ausgezeichnet

V zeigt Abbildung 1. Abbildung 2 zeigt des Weiteren den laut Norm empfohlenen (Toleranz-)Bereich der auf T_{soil} bezogenen Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz, ebenfalls für Räume, die vornehmlich für Sprache vorgesehen sind.

In der Neufassung der DIN 18041 werden Räume außer nach der Nachhallzeit auch noch nach der anzustrebenden Sprachverständlichkeit eingeteilt, und zwar in zwei Gruppen: A und B. In Räumen der Gruppe A erwartet man eine gute Sprachverständlichkeit über *mittlere und größere* Entfernungen (dazu gehören auch Unterrichtsräume), während man von Räumen der Gruppe B eine gute Sprachverständlichkeit über *geringere* Entfernungen erwartet (z. B. in Büros, an Bankschaltern, in Gaststätten etc.).

Die quantitative Bestimmung der Verständlichkeit von Sprache hat eine lange Entwicklungsgeschichte. Angefangen mit der messtechnischen Bestimmung der Verständlichkeit von sinn- und inhaltslosen Silben (*Logatome* [5]) bei der Untersuchung von Fernspreverbindungen, über die Ermittlung der Silben- und Satzverständlichkeit bei Hörbehinderten in der Audiologie, bis hin zur heute weit verbreiteten Messung und Angabe des Verständlichkeitsgrades von Sprache mit Hilfe des so genannten **Speech Transmission Index** (kurz: STI).

Zur Bestimmung des STI gibt es Messverfahren, deren Ergebnisse zwischen 0 (= unverständlich) und 1 (= ausgezeichnet) liegen können, siehe die nachfolgende Tabelle 1. Gemäß der neuen DIN 18041 (dort in: Tab. 4) soll bei Hörsälen und Unterrichtsräumen, im Falle einer elektroakustischen Beschallung, der STI-Wert ≥ 0,56 sein.

Während man über die Nachhallzeit einen Raum akustisch als Ganzes bewertet, erhält man durch die Bestimmung

der Sprachverständlichkeit eine akustische Bewertung einzelner Hörerplätze bzw. ganzer Gruppen von Plätzen. Die Ermittlung der Sprachverständlichkeit ist in der DIN EN 60268-16 [6] beschrieben.

Abschließend noch einige Anmerkungen zur Erreichung einer ausreichenden Hörsamkeit über *mittlere und größere* Entfernungen in Räumen gemäß der Gruppe A. Dafür gibt es eine Reihe von bewährten raumakustischen Maßnahmen. Zu diesen gehört neben der geometrischen Raumgestaltung vor allem die Erhöhung der äquivalenten Absorptionsfläche durch Einbringung von zusätzlichem Schallschluckmaterial. Für die Nutzungsart „Unterricht“ gibt die DIN 18041 dazu Richtwerte an (siehe dort Tabelle 5). Für Räume mit einem Raumvolumen bis zu 250 m³ wird dort eine erforderliche äquivalente Schallabsorptionsfläche A_{erf} von 34 m² empfohlen. Für noch kleinere Räume, z. B. mit einem Volumen von nur 70 m³, genügt danach bereits eine äquivalente Schallschluckfläche von nur 14 m².

Die Verteilung der schallsorbierenden Flächen sollte im Übrigen nicht willkürlich vorgenommen werden. Eine geschickt gewählte Belegung von Decke und Rückwand mit Absorptionsmaterial hat sich in der Praxis besonders gut bewährt. Es sollte lediglich darauf geachtet werden, dass das mittlere Deckenfeld frei bleibt bzw. schallreflektierend ausgeführt wird, um Flatterechos zu vermeiden.

Literatur


- [1] DIN 18041, „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“, Ausgabe Mai 2004.
- [2] Cremer, L. und H. A. Müller, „Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik“, Band I, S. Hirzel Verlag Stuttgart, 1978, Seite 361 und 404 f.
- [3] Plenge, G. „Hörsamkeit“, in: Reallexikon der Akustik, Verlag Erwin Bochinsky, Frankfurt am Main, 1982, Seiten 138–139.
- [4] Veit, I., „Die Nachhallzeit T“, Trockenbau-Akustik, Nr. 6, 2006, Seite 37.
- [5] Veit, I., „Zur Sprachverständlichkeit und deren Messung“, Zeitschrift für Hörgeräte-Akustik, 1962, Heft 5, Seiten 158–165.
- [6] DIN EN 60268, Teil 16: „Elektroakustische Geräte – Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex“, Ausgabe Juli 2003.


Autor

Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit ist Akustiker und Sachverständiger mit Büros in Nauheim (Groß Gerau) und Riga (Lettland). An der FH Wiesbaden/Rüsselsheim hat er einen Lehrauftrag für Akustik.

 i.veits@gmx.net

Frühere Beiträge unserer Serie „Akustik kompakt“ können Sie auf unserer Website unter der Rubrik „Akustik“ nachlesen.

 www.trockenbau-akustik.de

 www.trockenbau-akustik.de

Archiv

- ▶ Nachhallzeit
- ▶ Schallbrücke
- ▶ Schallübertragung