

Optimale Akustik in Schulklassen – Zur Definition eines Behaglichkeitsfeldes

E. J. Völker¹, W. Teuber², S. Fischer³

^{1,2,3} *Institut für Akustik und Bauphysik,*

³ *S. Fischer Büro für Design und Modern Life Germany, www.modern-life-design.com*
info@iab-oberursel.de

V00524b

Einleitung

In einem Schriftsatz vom 2006-07-06 der Lehrerschaft /1/ wird die Akustik in Schulklassen eines Schulneubaues bemängelt. Man fühle sich durch verminderte Sprachverständlichkeit in der Arbeit beeinträchtigt. Ursache sei eine störende Halligkeit im Raum, insbesondere bei der Arbeit in kleinen Gruppen, im Fremdsprachenunterricht oder bei der Arbeit mit Hörbehinderten. Es stellt sich daher die Frage, ob für einzelne Schüler, Lehrer oder Gruppen eine Benachteiligung vorliegt /2/3/, wie sie nach dem Bundesgleichstellungsgesetz unzulässig ist. Hieraus leitet sich die Forderung ab, die Akustik des Klassenraumes so gut wie möglich zu machen. Nur dann sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik erfüllt. DIN 18041:2004 empfiehlt wörtlich: „Anzustreben ist dazu eine weitgehende Reduzierung der Beeinträchtigungen durch längeren, störenden Nachhall, langverzögerte energiereiche Reflexionen und Störgeräusche“/4/5/. Lautsprecheranlagen sind wenig sinnvoll, wenn Mikrofone am Kopf getragen werden müssen und sich Lautsprecher an der Decke befinden. Die Anwendbarkeit ist dann zweifelhaft. Stattdessen gilt: Beim Bau von Unterrichtsräumen muss das akustische Optimum erreicht werden. Um sicher zu gehen, werden akustische Anforderungen besonders hoch angesetzt. Die Konsequenzen sind weitreichend, zum Beispiel:

- Schallschluckmaterial an den Wänden
- Schallschluckendes Gestühl
- Perforierte Schränke
- Schrägstehende Wände und Fenster
- „Sprachtieftonabsorber“ gegen Moden unterhalb 160 Hz
- Hohe Schallabsorption an der Decke

Hieraus leitet sich der Wunsch ab, wichtige akustische Parameter in einem „Behaglichkeitsfeld“ zusammenzufassen, wie dieses für Thermische und Hygrische Behaglichkeit /6/ und z.B. für Grossraumbüros /7/ bekannt ist.

Akustisches Behaglichkeitsfeld für Schulklassen

Ausgegangen wird vom Volumen V mit der Frage nach den zugehörigen Nachhallzeiten T. Diese können zu gross oder zu klein sein. Der gefundene Schnittpunkt liegt z.B. im Feld „Unterricht“. Es kann ein Vergleich mit Grenzwerten vorgenommen werden, z.B. nach der DIN18041 oder nach den Werten der CIS(Common Intelligibility Scale) /8/ s (Bild 1). Es wurden dazu vom IAB 46 Klassen- und Unterrichtsräume ausgemessen bzw aus Planungen übernommen.

Die Ergebnisse sind dargestellt. Sie können wie folgt zugeordnet werden:

- Wenn die Nachhallzeiten kürzer sind als Kurve 4, dann ist die Qualität „Unterricht“ erreicht.
- Wenn die Nachhallzeiten kürzer sind als Kurve 3, aber länger als Kurve 4, dann ist die Qualität „Sprache“ erreicht.
- 20% höhere Anforderungen gelten für Kommunikation in einer Sprache, die nicht als Muttersprache erlernt wurde oder Deutsch Fremdsprache ist

Beispiel 1:

V=250m³, T = 0,71s, der Klassenraum liegt im Bereich „Sprache“ und zwischen CIS=0,91 und CIS=0,98. Hier ca. CIS=0,92.

Beispiel 2:

V=200m³, T = 0,40s, der Klassenraum liegt im Bereich „Unterricht“ mit CIS=1, aber zur Grenze von überbedämpft

Beispiel 3:

V=200m³, T=0,87s: Der Klassenraum liegt ausserhalb des Behaglichkeitsfeldes. Er ist zu hallig, was im konkreten Fall bemängelt wurde.

Schalltechnischer Aufwand

Bei Herabsetzung der geforderten Nachhallzeiten nimmt die Belegung mit Schallabsorptionsmaterial zu. Der Aufwand steigt. Im Behaglichkeitsfeld ist der für die Oberfläche des Raumes gemittelte Absorptionsgrad α_m angegeben. Der Vergleich zwischen $\alpha_m=0,25$ und $\alpha_m=0,35$ verdeutlicht den größeren Aufwand: DIN 18041:2004 gibt für einen Klassenraum „Unterricht“ an, dass er ausreichend verbessert werden kann mit zusätzlich 21m² Absorptionsfläche bei V=200m³. Der mittlere Absorptionsfaktor erhöht sich von $\alpha_m=0,25$ auf 0,35. Die Nachhallzeit wird dann herabgesetzt von T=0,55s auf T=0,42s.

Beispiel 4:

V=300m³, T=0,79s, gerade noch Qualität Sprache. Um Unterricht zu erreichen, muss T=0,62s betragen. Mit zusätzlich A=36m² beträgt die Nachhallzeit T=0,5s, Beginn der Überbedämpfung.

Zu den Grenzen

Überbedämpfung kann vermieden werden. Da Abhörräume in Tonstudios Nachhallzeiten von unter 0,3s aufweisen, kann 0,4s für Schulklassen noch akzeptiert werden. Zu starke Halligkeit ist obere Grenze. Zwei weitere Grenzen sind die zu kleinen Räume, die eher Büros sind. Zu große Räume bleiben unberücksichtigt.

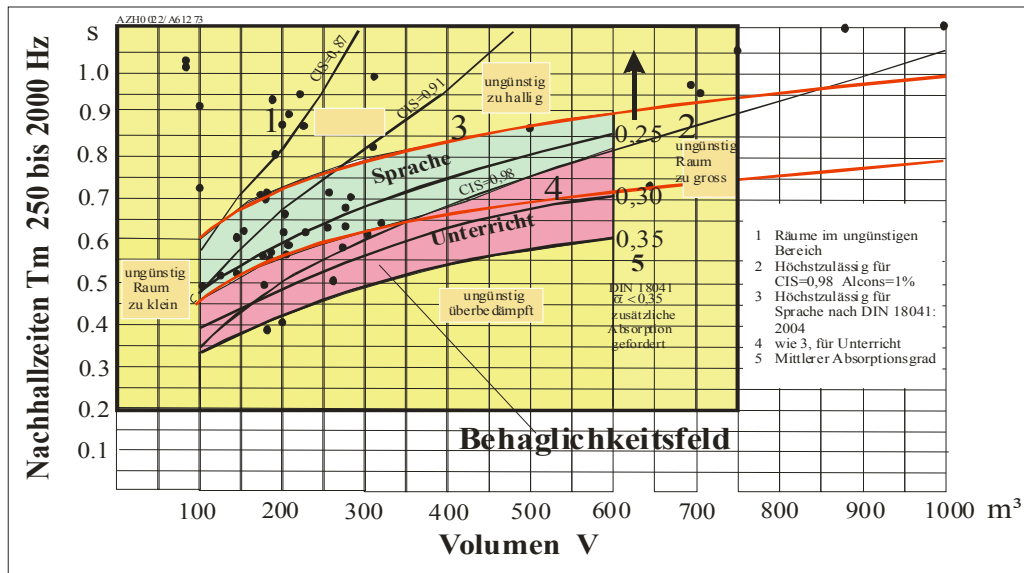


Abb.1: Akustisches Behaglichkeitsfeld für Schulklassen

Starke Schallreflexionen sind ungünstig

Die Forderung nach kurzen Nachhallzeiten bedeutet auch, dass Schallreflexionen an den Raumboflächen vermieden oder vermindert werden müssen. Die Reflektogramme in Bild 2 zeigen den unterschiedlichen Anteil früher und später Reflexionen.

Als Mass für die Unterdrückung dieser Schallreflexionen kann die EDT Early Decay Time [9] herangezogen werden, wonach die Zeit angegeben wird bis zum 10dB Pegelabfall der Reflexionen. Die EDT sollte möglichst kurz sein ca. 0,2 bis 0,4s. Wenn nur der Direktschall übrig bleibt und ein späterer geringer Nachhall existiert, kann von sehr guter Sprachverständlichkeit ausgegangen werden.

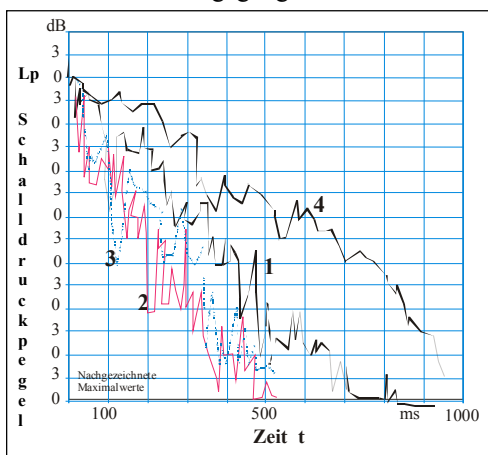


Abb.2: Pegel und Verzögerungszeiten eintreffender Schallreflexionen

- 1 Messung des IAB am 2006-07-21, Unterrichtsraum 03,1.0G einer Grundschule
V=226m³, Tm=0,95s, C50=1,2dB D=57% STI=0,60
CIS=0,78 (Job 26)
- 2 wie 1, jedoch mit 4 schallabsorbierenden Stellwänden vor den Wänden, je ca. 1,5m², C50=3,2dB D=78%
STI=0,65 CIS=0,83 (Job 9)
- 3 Messung des IAB am 2006-07-20, Unterrichtsraum 0.05 im UG mit Schallschluckdecke, V=210m³, Tm=0,60s,
C50=9,1 D=89% STI=0,76 CIS=0,88 SV=98%
ALCons=97% (Job 30)
- 4 Messung des IAB am 2006-07-20, Zum Vergleich Mensa einer Schule V=752m³, Nachhallzeit Tm=1,74s,
C50=-0,9 D=45% STI=0,47 CIS=0,67 (Job 40)

Sprachverständlichkeit

Volumen und Nachhallzeit, Art der Schallabstrahlung und Abstand zwischen Sprecher und Hörer bestimmen die Sprachverständlichkeit nach Peutz [13/5]. Sie nimmt ab mit längerer Nachhallzeit. Sie wird besser, wenn es eine vergrößerte Schallabsorptionsfläche gibt und damit weniger Schallreflexionen entstehen. Peutz spricht von ausgezeichneter Sprachverständlichkeit, wenn Alcons = 1%, was nach DIN 18041 einem CIS Wert entspricht von ca. 0,98. Mit zunehmender Nachhallzeit T nimmt die Verständlichkeit ab.

Literatur

- /1/ Petition der Lehrerschaft am 2006-07-06 an die Schulbauverwaltung und die Öffentlichkeit mit Bemängelung der akustischen Verhältnisse in Klassenräumen einer neuen Schule.
- /2/ Benachteiligungsverbot aus Art.3 Abs.3 des Grundgesetzes GG
- /3/ Bundesgleichstellungsgesetz vom 2002-05-01 §4
- /4/ D.J. MacKenzie und S. Airey: Classroom Acoustics –Summery Report 1999, Herot-Watt University, Edinburgh, Department of building Engineering and Survey, Riccarton EH14 4AS
- /5/ DIN 18041:2004, Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen , Beuth Verlag Berlin (2004) S.10
- /6/ Völker, E.J.: Einflüsse von Licht, Luft und Schall auf den Büroarbeitsplatz, Technik am Bau 10 (1981)S. 867
- /7/ Fischer, S.A.: Acoustical Environment in Open-Space Offices-How to achieve the field of Confidence, NAG DAGA in Rotterdam (2009)preprint
- /8/ DIN 18041:2004 Beuth Verlag Berlin (2004)
- /9/ Jordan, V.L.: Einige Bemerkungen über Anhall und Anfangsnachhall in Musikräumen, Applied Acoustics 1 (1968)
- /10/ Völker, E.J.: Die gezielte Akustik bei Aufnahme und Wiedergabe im Studio und beim Hörer zuhause, ITG Fachtagung Hörrundfunk Mannheim, Tagungsband (1992)S. 207.
- /11/ Völker, E.J.: Zur Bedeutung der ersten 15ms bei der Beurteilung von Schallaufnahmen im Regieraum, Dissertation an der TU Berlin (1996)
- /12/ Spreng, M.: Pädaudiologie, Band II Physiologie des Gehörs, Thieme Verlag Stuttgart (1994)
- /13/ Peutz, V.M.A.: Articulation Loss of Consonants as a Criterion for Speech Transmission in a Room. Journal of the AES Vol.19 (1971)