

Akustik in Schulen

Dipl.-Ing. (FH) Peter Hammelbacher
Präventionsdienst München
Berufsgenossenschaft-Metall Süd
Mitglied im AK „Lärm in Bildungsstätten“ bei INQA der BAUA

Arnulfstraße 283
80639 München
Tel.: (089) 17918 - 15509
Fax1: (01 80) 3 86 24 81 222
Fax2: (089) 17918 - 10700
Mail: p.hammelbacher@bgmet.de
[Web: www.bgmet.de](http://www.bgmet.de)

Einleitung:



„Fortschritt fängt in der Schule an“ –diese Schlagzeile der VDI-Nachrichten sollte sich eigentlich jeder Bildungspolitiker über das Bett hängen. Denn die einzige nennenswerte Ressource über die unser Land verfügt, sind gut ausgebildete Fachkräfte. Die aktuelle Diskussion über den zu erwartenden Fachkräftemangel, sollte bei allen Verantwortlichen die Alarmglocke läuten lassen.

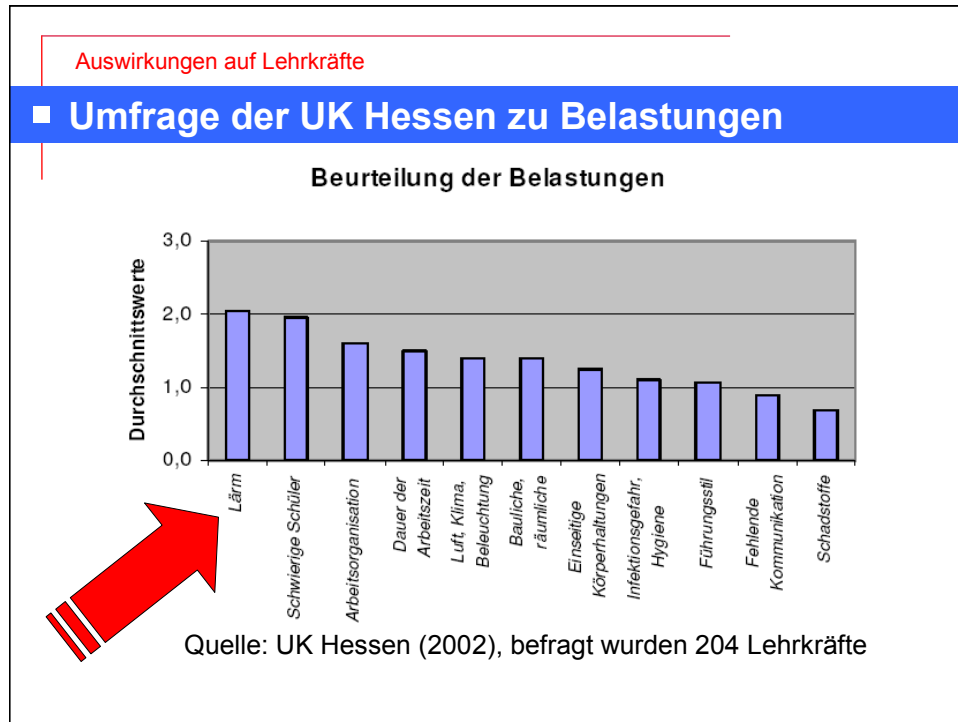
Gerade unter dem letzten Gesichtspunkt sollte es doch selbstverständlich sein, die vorhandenen Ressourcen möglichst optimal zu nutzen. Doch man mag es nicht glauben – das Gegenteil ist der Fall. Keine Berufsgruppe geht häufiger und früher in den Vorruhestand wie Lehrer.

Fakten zur Bildungssituation in Deutschland:

- Wöchentlich fallen 1 Mio Unterrichtsstunden in D ersatzlos aus
- Es gibt ca. 800.000 Lehrer/Innen in D
- Es gibt ca. 12.000.000 Schüler/Innen in D
- 72% aller Lehrer/Innen werden in den Vorruhestand (Ø mit 55) versetzt
Quelle: Versorgungsbericht der Bundesregierung (2001)
- 50% davon wegen psychosomatischen Beschwerden, dies entspricht
7.200 Lehrer/Innen pro Jahr, also ca. 25% des jährlichen Lehrerbedarfs
Quelle: Weber, Weltle und Lederer (2003)
- Lehrerbedarf pro Jahr in D: ca. 30.000 Lehrer/Innen

Auswirkungen auf Lehrkräfte:

Umfragen zeigen, dass insbesondere die Lärmbelastung zu der am häufigsten genannten Belastungsart des Lehrerberufs gehört.



Das dies nicht nur (Grund-) Schulen betrifft, zeigt eine Umfrage der Stadt Mainz aus dem Jahr 2004 bei den Beschäftigten von Kindertagesstätten, wo erfahrungsgemäß noch höhere Schallpegelwerte gemessen werden.

Dort klagten über die Lärmbelastung in den KITA's:

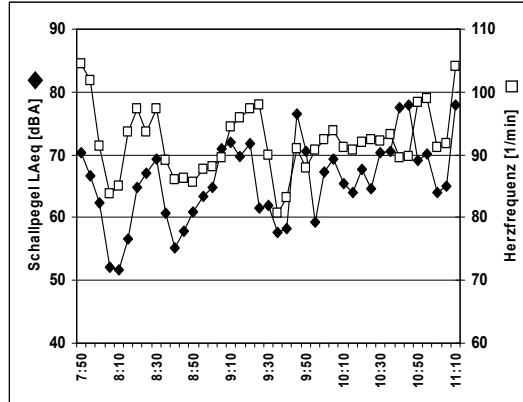
33% der Mitarbeiter

50% der Leitungskräfte (in der Regel etwas ältere Personen)

Abgesehen von der Vorruhestandsstatistik, wie misst man eine mögliche Belastungssituation von Lehrkräften auf. Dazu kamen die Forscher der Uni Bremen auf die Idee, Lehrkräfte mit einem Herzfrequenzsensor auszustatten. Die Auswertung zeigt frappierend den Zusammenhang zwischen dem Schallpegel eines Unterrichtsvormittages und der Herzfrequenz. Die Vermutung, dass die Schüler/Innen ebenso reagieren liegt nahe, doch dazu liegen (leider) noch keine Ergebnisse vor (Anm.: Die Forscher erhielten keine Erlaubnis zur Messung der Herzfrequenz der Kinder).

■ Beanspruchungsreaktion

Herzfrequenz-MW HF_{5min} einer Lehrerin

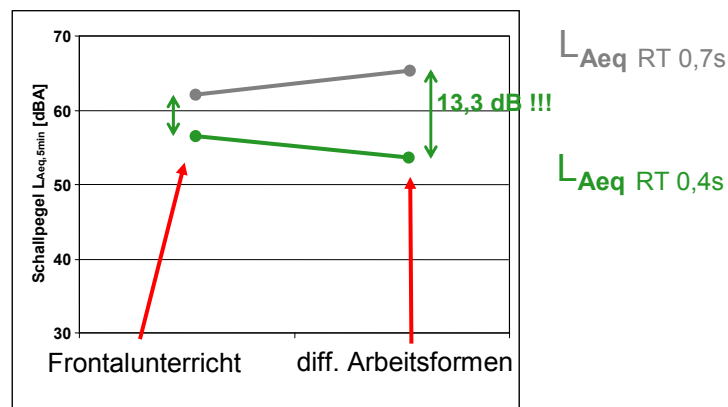


Quelle: Institut für interdisziplinäre Schulforschung



Von guten akustischen Verhältnissen profitiert besonders der heute übliche Unterrichtsstil der differenzierten Arbeitsformen, d.h. Gruppen- und Partnerarbeiten. Hier konnten die Forscher Tiesler/Oberdörster Pegelabsenkungen von über 13 dB messen. Subjektiv wird dies als Halbierung der Lautstärke empfunden. Die Erklärung liefert der sog. „Lombard-Effekt“. Die Unterhaltung einer Gruppe wird zum Störgeräusch der anderen Gruppe. Um sich gut verständigen zu können spricht diese Gruppe nun lauter, worauf die erste Gruppe gestört wird. So schaukelt sich der Geräuschpegel allmählich in die Höhe.

■ Pegeldifferenzen nach Einbau einer Akustikdecke



Basis: Schule 1; alle U.-Std.

Quelle: Institut für interdisziplinäre Schulforschung

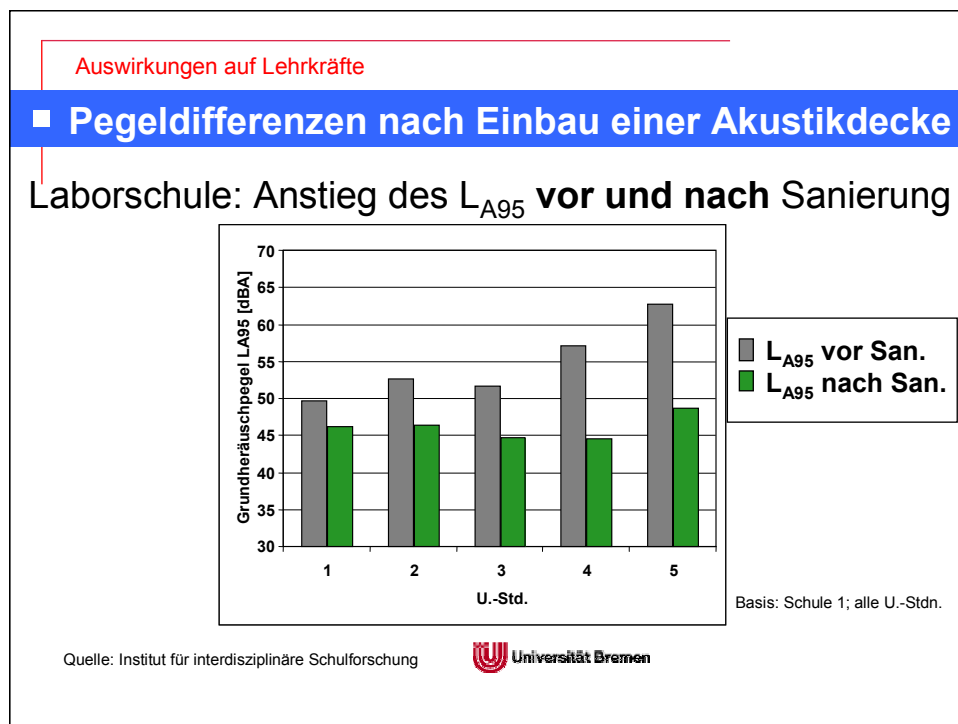


Bei der Untersuchung großer Klassen von Prof. Haselbeck von der Uni Passau beschrieb ein Lehrer genau diesen Effekt:

„Das Verhältnis zum einzelnen Schüler bleibt in großen Klassen oberflächlicher. Schüler tun mehr, was sie selbst wollen, sie nehmen weniger Rücksicht auf Regeln. Mit der Lautstärke der Schüler, die oft unkontrollierbar wird, muss auch der Lehrer lauter werden. **Solche Situationen schaukeln sich hoch, so dass für mich als Lehrer Unterrichten manchmal unerträglich wird:** Dauernde Anspannung, Lärm und Unruhe, und das einen ganzen Vormittag lang, belasten mein Nervenkostüm.“

Auch Tiesler/Oberdörster beobachteten diesen Effekt, der ausschließlich in schallharter Umgebung beobachtet wurde.

Nach der akustischen Sanierung zeigt sich, dass die Lautstärke in der Klasse zum Mittag hin nicht mehr lauter wird, sondern ein konstantes Niveau behält!



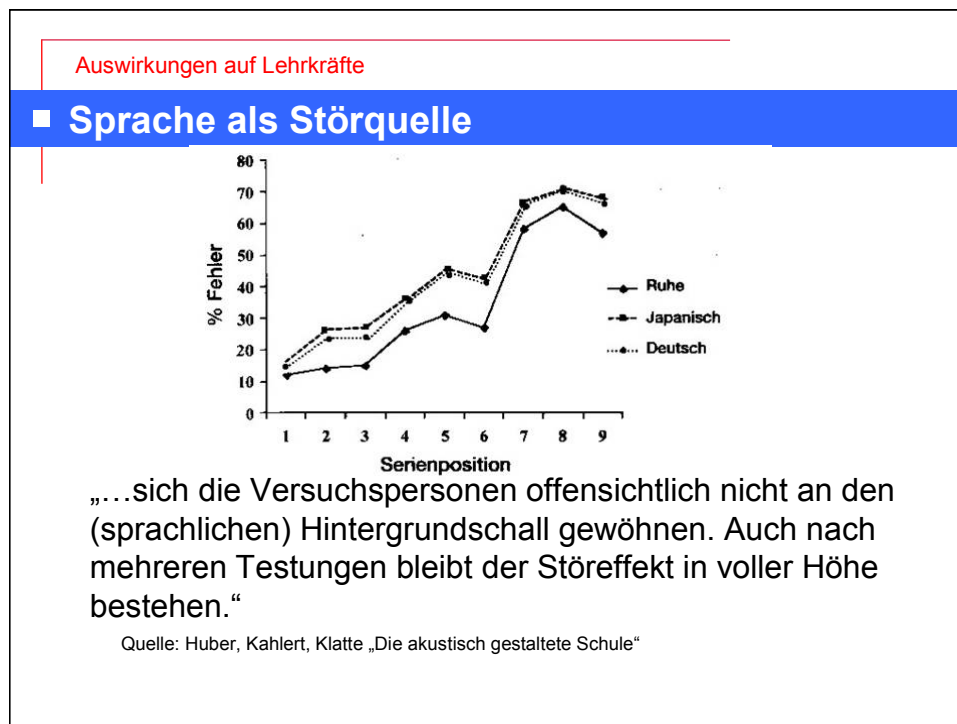
Prof. Haselbeck stellt in seiner Untersuchung fest:

Zusammenfassend lässt sich die zentrale Erkenntnis gewinnen, dass Lärmimmissionen im Klassenzimmer nicht nur direkt wirken und allein als akustische Signale wahrgenommen werden. Vielmehr setzen solche Immissionen in Form von Unruhe und Lärm indirekt einen Folgeprozess in Gang, der zu psychoemotionalen und psychosozialen Belastungen von Lehrern und Schülern führt. Diese haben besonders negative Auswirkungen auf Arbeitsbereitschaft, Konzentration, Ausdauer, auf das kommunikative Verhalten und Beziehungen im zwischenmenschlichen Verhältnis.

Auch die Untersuchungen von Huber/Kahlert/Klatte zeigen, dass die menschliche Sprache ein sehr großes Ablenkungspotential (Stresspotential) besitzt, selbst wenn die Information gar nicht verstanden werden kann, weil sie in japanischer Sprache vorgetragen wird.

Das ist u.a. ein Grund dafür, dass Unterrichten und Zuhören in halliger Umgebung so anstrengend ist, da sich Störgeräusche nahezu ungehindert ausbreiten können.

[Bei der nachfolgend dargestellten Testreihe sollten sich die erwachsenen Testpersonen insgesamt 10 Zahlen merken. Die Testreihe wurde nacheinander bei Ruhe, bei deutscher Sprache als Hintergrundgeräusch und bei japanischer Sprache als Hintergrundgeräusch durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass die Ablenkung unabhängig vom Informationsgehalt der Sprache war.]



Auswirkungen auf Schüler

Die Untersuchungen zu den Auswirkungen schlechter Akustik auf Schüler beschränken sich derzeit ausschließlich auf den Bereich des Zuhörens. Untersuchungen zur Stressbelastung von Schülern, analog zur Belastung von Lehrern existieren derzeit in der Fachliteratur noch nicht. Es ist allerdings zu erwarten, dass der zum Mittag hin ansteigende Schallpegel in Schulräumen nicht ohne Auswirkung auf den Organismus der Schüler ist. Nicht umsonst hatte die Arbeitsstättenverordnung für geistige Tätigkeit einen Wert von max. 55 dB(A) empfohlen. Im Unterricht an Grundschulen werden jedoch Werte von 70 bis 75 dB(A) und in Kindertagesstätten von 75 bis 80 dB(A) gemessen.

Auch wenn heute der Unterrichtsstil ein anderer ist wie vor vielen Jahren, wo eher so etwas wie Frontalunterricht vorherrschte, verbringen auch heute noch die Schüler die meiste Zeit im Unterricht mit Zuhören.

Huber, Kahlert, Klatte stellen in ihrer Veröffentlichung „Die akustisch gestaltete Schule“ u.a. fest:

„...da Schulkinder ca. 75% der Unterrichtszeit mit Zuhören verbringen, ... ist leicht vorstellbar, wie wichtig eine gute Sprachverständlichkeit für den Lernerfolg der Kinder ist.“

„Dies unterstützt die Annahme, dass zu viel Lärm den Erwerb des Lesens und Schreibens **nachhaltig** behindert“

Kinder im Grundschulalter verfügen jedoch noch nicht über ein Sprach- bzw. Klanggedächtnis wie Erwachsene. Damit Grundschulkinder Silben bzw. Wörter tatsächlich verstehen können, muß der Nutzsinal-Rauschabstand bzw. die Silben- (Sprach-)verständlichkeit höher sein, als für Erwachsene. Dies zeigt nachfolgender Test.

[6 dB Signal-Rausch-Abstand bedeutet, die akustisch dargebotenen Silben waren im Mittel 6 dB lauter, als das Störgeräusch (Sprachgebabbel bzw. rosa Rauschen)]

Auswirkungen auf Schüler/Innen

■ Verständlichkeitstest mit 6 dB Signal-Rausch-Abstand

	Erwachsene	Kinder
Ohne Störgeräusch	100	94
Rosa Rauschen	98	77
Sprachgebabbel	94	67

Quelle: Huber, Kahlert, Klatte

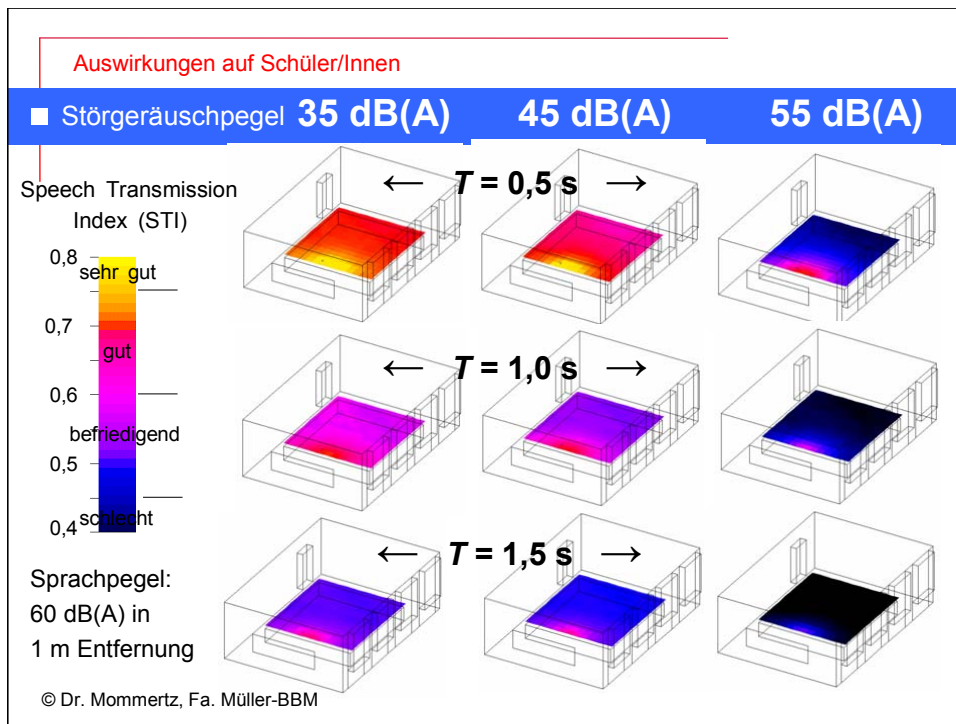
Wie der Versuch aus Bild 12 zeigt, können sich Erwachsene kein objektives Urteil erlauben, wenn Sie sich während des Unterrichts in die hinteren Reihen setzen. Allerdings gibt es schallharte Klassenräume in denen noch nicht einmal Erwachsene dem Unterricht folgen können. Phantasiebegabte können sich dann ausmalen, wie es den Kindern in der Klasse geht...

Grundschulkinder benötigen für eine optimale Kommunikation einen sog. Sprachverständlichkeitsindex von 0,75 bis 0,80 (z.B. für den Fremdsprachenunterricht bzw. den Unterricht von Schülern mit nichtdeutscher Muttersprache).

Wie aus der Grafik ersichtlich ist, trifft diese Bedingung nur zu, wenn eine Nachhallzeit von 0,5 Sekunden und ein Störgeräuschpegel von 45 dB(A) nicht überschritten wird. Der Störgeräuschpegel ist die Summe des Lärms aus der Klasse sowie des von außen (Straße, Flur, Nachbarräume) eindringenden Lärms.

Verschlechtern sich die Randbedingungen, also ist die Nachhallzeit länger als 0,5 Sekunden, bzw. ist der Störgeräuschpegel größer als 35 dB(A) verschlechtern sich die Bedingungen für gutes Hören und Verstehen zuerst hinten und erstrecken sich zunehmend auf den ganzen Klassenraum.

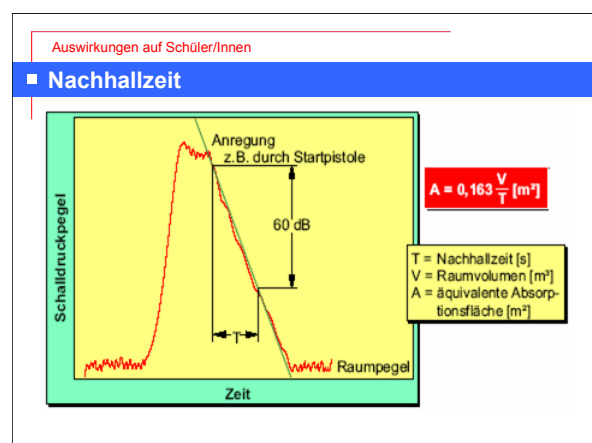
Verlierer sind deshalb zuerst die Schüler in der letzten Reihe, von wo aus sich zumeist weitere Unruhe ausbreitet (siehe Bild 15).



Umgekehrt können Lehrer, die in einem halligen Klassenraum unterrichten, der an einer vielbefahrenen Straße liegt, erkennen, dass Sie eigentlich keine wirkliche Chance auf guten Unterricht haben, bzw. Raubbau an ihrer Gesundheit treiben, da sie permanent mit überlauter Stimme sprechen und ständig gegen Störeinflüsse aus der Klasse ankämpfen müssen.

Um die akustische Güte eines Raumes zu beschreiben, wird meistens die Nachhallzeit gemessen. Dieses Verfahren ist ausreichend genau und noch mit relativ preiswerten Messgeräten möglich.

Die Nachhallzeit sagt aus, wie lange es dauert, bis ein Schallsignal (vorzugsweise rosa Rauschen oder Knall) um 60 dB(A) abgenommen hat. In Räumen mit schallharten Wänden wird der Schall öfter von den Wänden reflektiert, bevor er geschluckt wird, weshalb es dort länger dauert, bis 60 dB(A) Schallpegelabnahme erreicht sind.



Interessante Beobachtungen zum Schülerverhalten hat Herr Walter Kern vom mobilen sonderpädagogischen Dienst (MSD) gesammelt, der sich speziell um die Integration von hörgeschädigten Kindern und Jugendlichen kümmert.

Seine Aussagen sprechen für sich alleine:

„Nicht selten erfahren wir im Vorfeld eines Besuchs von unseren Kollegen, dass die betreffende Klasse besonders undiszipliniert und laut sei. **Auffällig oft stören die Schüler aus der letzten Reihe.**“

„Als Gast im Unterricht nimmt der Lehrer im MSD meist hinten im Klassenzimmer Platz. Damit sitze ich bei den berüchtigten Schülern in der letzten Reihe. **Aus dieser für einen Lehrer eher seltenen Position werden übrigens manche Mechanismen verständlich, die sicherlich auch dazu beitragen, warum diese Schüler als besonders laut gelten.**“

„**In der letzten Reihe ist es nämlich sehr anstrengend aufzupassen:** der Lehrer ist oft nicht gut zu verstehen, Beiträge von Schülern aus den ersten Reihen registriere ich manchmal nur anhand der Reaktion des Lehrers. Wenn der aber mit einem kurzen „richtig“ oder „falsch“ antwortet, ist es mir nicht möglich, den Inhalt nachträglich zu erschließen. **Die interessante Erfahrung für mich ist, dass die Schüler, die in der letzten Reihe sitzen, ganz ähnliche Schwierigkeiten haben, wie ihre schwerhörigen Mitschüler.** Ich zitiere stellvertretend eine hochgradig hörgeschädigte Achtklässlerin namens Kristina: **„Die Unterrichtsbeiträge meiner Mitschüler kann ich überhaupt nicht verstehen.** Vielleicht könnte ich es, wenn alle anderen ruhig wären, aber das sind sie nicht, und dann ist mir das Zuhören zu anstrengend. Außerdem sind wir so viele Schüler in der Klasse, dass ich meistens nicht weiß, wer gerade spricht.““

„Die **ständige Anspannung**, die das bewusste Zuhören einem Schüler bei schlechter Raumakustik abverlangt, **führt unweigerlich zu einer raschen Ermüdung.** Die nachlassende Konzentrationsfähigkeit fällt den Lehrern bei ihren hörgeschädigten Schülern relativ häufig auf, denn das Abreißen des Blickkontakts kann als sicheres Indiz für „Unaufmerksamkeit“ gewertet werden. **Nachlassende Konzentration ist für den Lehrer aber auch an zunehmender Unruhe der ganzen Klasse erkennbar. So kann sich das Problem einer schlechten Akustik für den Lehrer zunächst als eine Frage mangelnder Disziplin darstellen.**“

„**Ungenügende Teilhabe am Unterricht führt unweigerlich zum Leistungsabfall** – es sei denn, man holt Versäumtes zu Hause nach. Schwerhörige Schüler sind darin wahre Meister. viele unserer Schüler müssen den Unterrichtsstoff prinzipiell nacharbeiten, mit allen Folgekosten. Ich zitiere noch einmal Kristina: „Für Fächer, die mir nicht so leicht fallen, übe ich am liebsten zu Hause. Da habe ich Ruhe und kann effektiver und schneller lernen. Außerdem können mir fast immer meine Eltern helfen“. Das Mädchen formuliert den gemeinten Sachverhalt noch wohlwollend positiv. **Die Realität ist oft bedrückender:** Erstens haben die wenigsten Eltern die Geduld, die Zeit und das nötige Wissen, um mit ihren Kindern regelmäßig mehr oder weniger alle Unterrichtsfächer aufzuarbeiten. Zweitens kann sich der nachmittägliche Hausunterricht für das Kind und für die ganze Familie zu einer massiven Belastung entwickeln

Fassen wir die Beobachtungen von Herrn Kern, die exakt die Erkenntnisse der Forschungsberichte 1030 und 1071 wiedergeben, zusammen:

- **Die Sprachverständlichkeit in halligen Klasserräumen ist schlecht, besonders in den hinteren Reihen (vgl. Bild 13, 15, 16, 17)**
- **Das Zuhören erfordert überproportionale Aufmerksamkeit, was anstrengend ist und schnell ermüdet (vgl. Bild 17, 18)**
- **Je nach persönlicher Konstitution oder Motivation schalten die Schüler ab, die allgemeine Unruhe steigt (vgl. Bild 18)**
- **Der Lehrer versucht die Aufmerksamkeit wieder an sich zu ziehen, indem er die allgemeine Unruhe durch lauterer Sprechen übertönen will (vgl. Bild 8)**
- **Die Folge der Überanstrengung von Schülern und Lehrern sind Leistungsabfall bei Schülern (vgl. Bild 19) und Erschöpfung (Burn-Out) bei Lehrern (vgl. Bild 2, 5, 7)**

Sind die Verhältnisse günstig, wirkt sich das entsprechend aus, wie folgende Lehrer aus der Untersuchung von Prof. Haselbeck beschreiben:

„Positiv in kleinen Klassen ist, dass sich ohne Probleme Ruhe, Disziplin und eine angenehme und effektive Lernatmosphäre schaffen lassen. Blickkontakt und Verständigung zwischen Lehrer und Schülern machen eine wirkungsvolle Kommunikation möglich, Unruhe, Lärm oder Chaos in der Klasse treten erst gar nicht auf!„

„In kleinen Klassen herrscht ein geringerer Lärmgrundpegel. Das entlastet jeden Tag und über ein ganzes Schuljahr. Ich fühle mich bei weitem nicht so gestresst wie in einer großen Klasse. Ich bin auch nicht ausgelaugt am Ende des Tages oder am Ende der Schulwoche“.

Akustische Anforderungen an Klassenräume:

Die DIN-Norm 18041 aus dem Jahre 1968 wurde im Jahre 2004 überarbeitet und die akustischen Anforderungen an den Stand der Forschung angepasst.

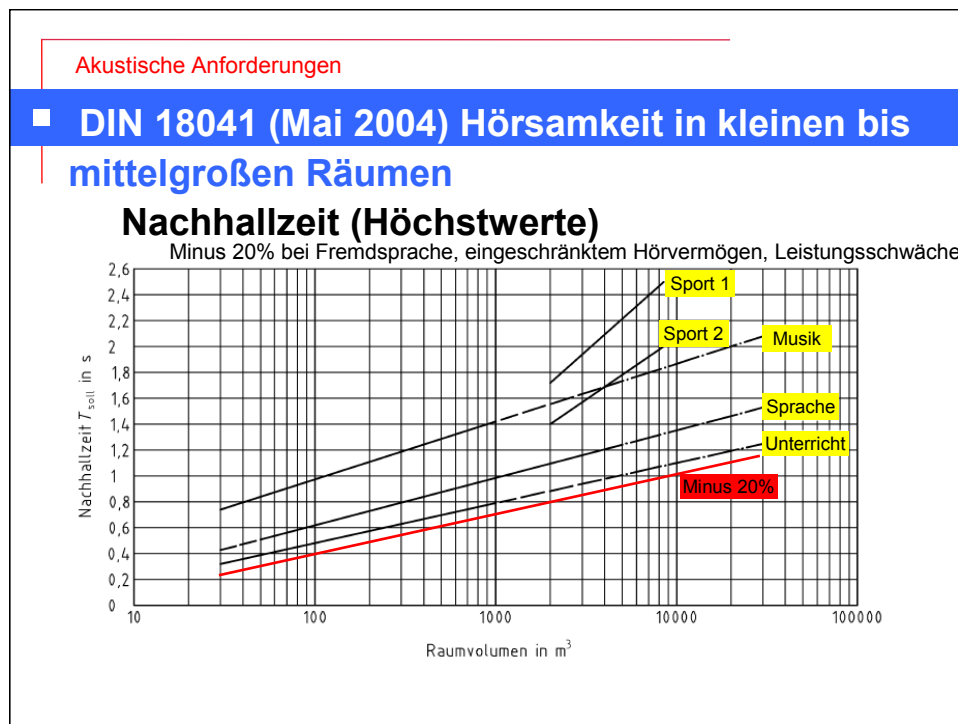
Sie gibt Empfehlungen für die Nachhallzeit in Abhängigkeit der Größe der Räume und der jeweiligen Nutzungsart.

Obwohl die Norm rund 40 Jahre alt ist, erreichen viele Klassenräume nicht einmal die Anforderungen von 1968.

In die Darstellung ist zusätzlich eine rote Linie eingezeichnet. Diese, um 20% niedrigeren Werte sollen Klassenräume erreichen, an die besonders hohe akustische Anforderungen gestellt werden. Dies gilt zum Beispiel für: Fremdsprachenunterricht, dies schließt Unterricht für Schüler mit nichtdeutscher Muttersprache ein, hörgeschädigte Schüler, leistungsschwache Schüler, Schüler mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen sowie Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen.

Da es vermutlich äußerster Zufall wäre, wenn in einer Klasse nicht wenigstens ein Schüler mit zuvor genannten Einschränkungen ist, bzw. man dauerhaft ausschließen kann, dass die Räume jemals für

den Fremdsprachenunterricht genutzt werden, sollten von vornherein die um 20% niedrigeren Werte erreicht werden.



Ein typisches Klassenzimmer (30 Kinder, 2 m² Fläche pro Kind, 6 m³ Luftvolumen pro Kind) sollte folgende Werte besitzen:

Akustische Anforderungen

■ Sollwerte eines Klassenraumes mit 180 m³

Nachhallzeit-Sollwerte der DIN 18041 (Mai 2004) für Räume mit 180 m³ Volumen

	Leerer Raum	Mit Schülern gemessen
normalhörende Kinder	0,72	0,55
■ Migrantenkinder ■ Fremdsprachenunterricht ■ Leistungsschwache oder hörgeschädigte Kinder	0,58	0,44

Zitat DIN 18041: Da bei Räumen mit einem Volumen bis ca. 250 m³ keine Gefahr der Überdämpfung besteht, ...

Die erforderliche, akustisch wirksame Fläche errechnet sich nach der Sabine'schen Formel.

Ein Unterrichtsraum mit 180 m³ Volumen sollte demnach über eine akustisch wirksame Fläche von 67 m² verfügen, die eine Schallabsorption von 1,0 besitzt (dies entspricht einer Schallabsorption von genau 100%). Erfahrungsgemäß hat der möblierte Raum allein schon etwa 20 m² Schallabsorptionsfläche. Noch einmal 10 m² bringen die Schüler mit ihrer Kleidung in den Raum.

Akustische Anforderungen

■ Erforderliche Absorberfläche bei 180 m³ Volumen:

Angenommenen Maße:	Oberflächen:	
Länge 9,0 m	Decke, Boden	je 58,5 m²
Breite 6,5 m	Langseiten	je 27,0 m ²
Höhe 3,0 m	Schmalseiten	je 19,5 m ²

$T = 0,163 \cdot V/A \rightarrow A = 0,163 \cdot V/T$ (T mit Schüler gemessen)

unbehandelter Raum	T ≈ 1,40 s	A = 20 m ²	α ≈ 0,1
normalhörend	T = 0,55 s	A = 53 m ²	
Red. Hörvermögen, Räume bis 250 m ³	T = 0,44 s	A = 67 m ²	
Fremdsprache, ADS	T = 0,35 s	A = 84 m ²	

(mit A_{Schüler} = 0,5m², bei 20 SchülerInnen → A_{gesSchüler} = 10m²)

T = Nachhallzeit in Sekunden

V = Raumvolumen in m³

A = der Anteil der Raumbofläche, die den Schall rein rechnerisch zu 100% absorbiert.

Somit müssen noch 37 m² (bei einer Schallabsorption von 1,0!) durch andere Maßnahmen erzielt werden.

Manche Zeitgenossen glauben das Problem sei durch Vorhänge zu lösen. Doch selbst wenn Vorhänge eine Schallabsorption von 0,5 hätten, wo hänge ich 74 m² gerafften Vorhang auf?

Die üblichen Baumaterialien jedenfalls helfen nicht weiter, wie folgende Tabelle zeigt:

■ Häufig verwendete Baustoffe

$\alpha_{\text{erforderlich}}$ für gesamte Raumbofläche $\alpha_{\text{erf}} \sim 0,30$

Material	α bei 500 Hz
Beton	0,03
Mauerziegelwand	0,03
Glattputz	0,03
Tür	0,06
Fenster	0,10
Parkett	0,05 bis 0,10
PVC-Bodenbelag	0,01
Teppich bis 6mm Florhöhe	0,06 bis 0,20

Quelle: DIN 18041

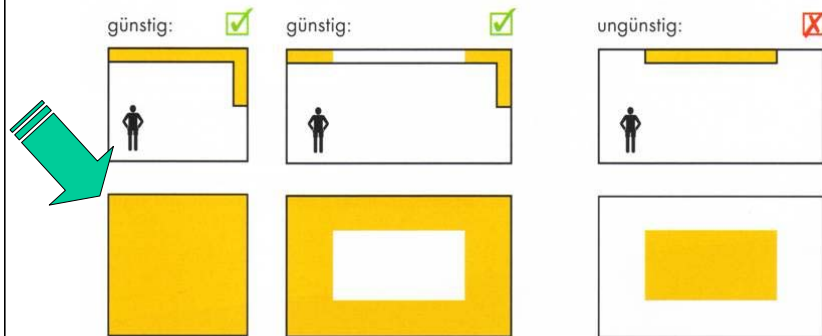
Deshalb führt in aller Regel an einer hochwirksamen Akustikdecke kein Weg vorbei, denn an der Decke lassen sich am leichtesten 37 m² unterbringen. Beträgt α jedoch nur 0,8 statt der berechneten 1,0, was bei relativ vielen Materialien der Fall ist, insbesondere im tiefen Frequenzbereich, so sind bereits 46 m² erforderlich.

Allein an der Zahl erkennt man, dass es durch das Aufhängen von 2 oder 3 Pinwänden nicht getan ist, sondern es muss wie in einem Großraumbüro oder Call-Center professionell geplant werden.

Die möglichen Anbringungsorte zeigt nachfolgendes Bild 25. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass an der Rückwand ebenfalls Schallabsorptionsmaterial angebracht wird, anderenfalls kommt es zu sehr unangenehmen „Flatterechos“, wobei der Schall von den beiden parallelen Wänden (Front-/Rückwand) hin und her reflektiert wird.

■ Anbringungsorte

Wichtig: Absorber an der Rückwand gegen Flatterechos, sowie Bassabsorber in den Raumkanten



Der Markt bietet eine unüberschaubare Auswahl unterschiedlichster Produkte an, mit der eigentlich jedes raumakustische und architektonische Problem gelöst werden kann.

Messungen:

Wie das vorangegangene Kapitel gezeigt haben sollte, ist es in der Praxis nicht möglich, die Nachhallzeiten der DIN 18041 zu erreichen, ohne den gezielten Einsatz von Schallabsorptionsmaterial.

Umgekehrt könnte man in einem unbedämpften Klassenzimmer bedenkenlos 40 bis 50 m² einbauen. Denn die Gefahr einer Überdämpfung besteht in Klassenräumen bis 250 m³ nach DIN 18041 nicht.

Dennoch besteht sehr häufig der Wunsch nach doch recht kostenintensiven Messungen. Diese liefern selbstverständlich genauere Werte, wie die zuvor genannte Abschätzung mit 40 bis 50 m². Bei der Beauftragung von Messungen sollte jedoch darauf geachtet werden, dass von baugleichen Klassenräumen nur jeweils ein Raum gemessen wird, um den Kostenaufwand in Grenzen zu halten. Sonst ist hinterher möglicherweise kein Geld mehr für die akustische Sanierung da.

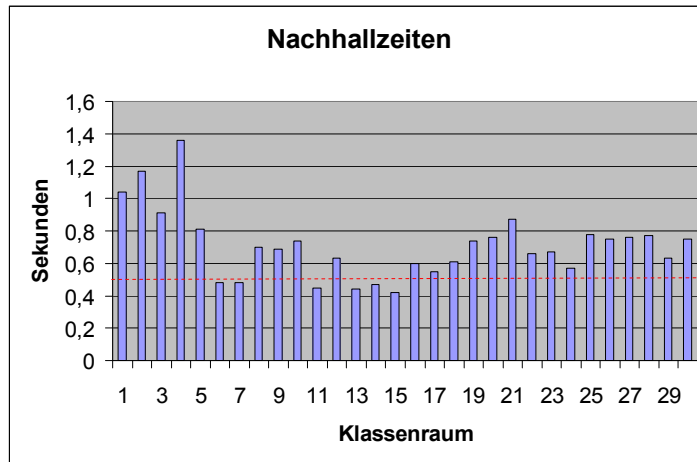
Weder für Deutschland noch für Bayern existieren flächendeckende raumakustische Messungen, die repräsentativ sind. Auch für den Forschungsbericht 1030 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) wurden „nur“ Schulen in der Region um Bremen untersucht. Rein wissenschaftlich dürfen deshalb die im FB 1030 genannten akustischen Verhältnisse nicht pauschal auf alle Bundesländer oder gar Kommunen übertragen werden. Die vielen einzelnen, regionalen Erkenntnisse, z.B. von der Unfallkasse Hessen, die bundesweit führend in der Bearbeitung des Themas ist, lassen vermuten, dass der Handlungsbedarf riesig ist.

Deshalb werden hier in aller Vorsicht drei Darstellungen gezeigt.

Bild 26 zeigt die Nachhallzeiten der für den Forschungsbericht 1030 untersuchten Schulen in Bremen.

Demnach erfüllen etwa $\frac{1}{3}$ der Räume die Anforderungen der DIN 18041, $\frac{1}{3}$ liegt nur geringfügig über den Werten und $\frac{1}{3}$ ist außerhalb aller Toleranzbereiche.

■ **Nachhallzeiten der Klassenzimmer des FB 1030**



Sollwert
DIN 18041

Quelle: FB 1030, Klassenzimmer im Raum Bremen (mit Schüler/Innen besetzt)

Im Bild 27 werden die Schallpegel dargestellt wie sie in den Untersuchungen des Forschungsberichtes 1030 als Mittelwert über den Unterrichtsvormittag ermittelt wurden. Zwei der Werte liegen nur knapp unterhalb der Auslösewerte von 80 dB(A) der LärmVibrationsSchutzverordnung. Deshalb eigentlich Anlass genug für eine Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzgesetz.

■ **Meßergebnisse (Schallpegel im Unterricht)**

Grundschule 1	78 dB(A)	Altbau Akustik schlecht
Grundschule 2	79 dB(A)	Akustik mittel
Grundschule 3	64 dB(A)	Akustik mittel Päd. Programm
Schule 4	64 dB(A)	Klassen 6-10
Sollwert	55 dB(A)	nach ArbStättV

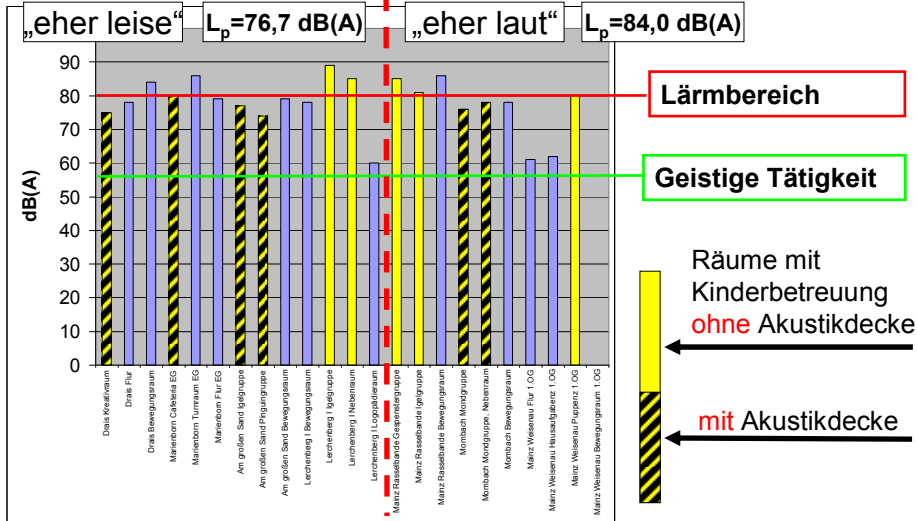
10 dB(A) wird subjektiv als Verdoppelung der Lautstärke empfunden, entspricht jedoch der zehnfachen Schallintensität

Quelle: FB 1030, Klassenzimmer im Raum Bremen

Noch etwas höhere Schallpegel werden in Kindertagesstätten (Kita) gemessen, wie folgende Messreihe aus Mainz zeigt. In Kitas, das zeigt die Erfahrung, sind die Verhältnisse ähnlich wie z.B. in der ersten Klasse der Grundschule. Wobei die Schallpegelwerte in Kitas etwas höher sind, durch die größere Bewegungsfreiheit die dort in der Regel vorhanden ist.

Aktuelle Situation der Akustik in Schulen

■ Meßergebnisse (Schallpegel) KITA´s Mainz



Materialbeispiele:

Die nachfolgende Übersicht soll zeigen, dass es für praktisch jeden Anwendungsfall geeignete Schallabsorptionsmaterialien gibt. Die Übersicht ist wirklich nur Bruchstückhaft und soll nur Anregungen geben.

Materialbeispiele

■ Beispiel: Fugenlose A.-decke in einer Musikschule



Material: StoSilent Panel, Fa. sto

$$\alpha = 0,8$$

Foto: © Fa. Sto

Materialbeispiele

■ Beispiel: Klassenzimmerpakete der Fa. Ecophon

Klassenzimmerpaket MAX der Fa. ecophon



Material: Ecophon
Master D
(Mineralwolle)

$$\alpha > 0,9$$

Foto: © Fa. Ecophon

Materialbeispiele

■ Beispiel: Schule Im Gut Zürich

Akustik aus geblättem Glasgranulat



Material:
Mikropor G,
Fa. Wilhelmi

$$\alpha \sim 0,7$$

Foto: © Fa. Wilhelmi

Materialbeispiele

■ Beispiel: Waldorfschule Lehnsan



Material: Illbruck
acoustic panel

$\alpha > 0,9$

Foto: © Fa. Illbruck

Materialbeispiele

■ Beispiel: Akustikspritzputz



Material:
Sonaspray,
Fa. Asona
Deutschland

$\alpha > 0,9$ je nach
Dicke

**In Schulkantinen
maximale
Raumakustik !**

Foto: © Fa. Asona
Deutschland

Materialbeispiele

■ Beispiel: Microsorberfolie

Material: gelochte
Polycarbonatfolie

Dicke 0,1 mm

Fa. Kaefer



$\alpha = 0,4$ bis $0,8$
je nach
Ausführung

Foto: © Fa. Kaefer

Materialbeispiele

■ Noise-Pin von Fa. Pan-Akustik



Akustikschaum
mit
Lochblechab-
deckung als
Magnetwand

Möglichkeiten zur Selbsthilfe

Nicht immer kann sofort eine komplette akustische Sanierung durchgeführt werden, weshalb öfter der Wunsch entsteht, in Eigenregie, z.B. in Zusammenarbeit Schulleitung und Elternbeirat, etwas zu tun.

Dies ist durchaus möglich und erfolgversprechend. Frau Rickes von der Unfallkasse Hessen hat dies bereits erfolgreich erprobt.

Link auf Datei „Selbsthilfe.pdf“

Link auf Homepage www.fluesterndesklassenzimmer.de

Dies können durchaus handwerklich halbwegs geschickte Laien schaffen.

Fazit:

Der Einsatz von ca. 4000.- Euro für ein Klassenzimmer, soviel kostet etwa eine Akustikdecke vom Fachbetrieb, kennt nur Gewinner:

1. die Schüler

Sie können entspannter dem Unterricht folgen, ermüden nicht so schnell und können viel mehr Informationen aufnehmen.

2. die Lehrer

Unterrichten wird wesentlich weniger anstrengend, das Stressniveau ist erheblich abgesenkt

3. der Steuerzahler

Die Ausbildung gewinnt an Qualität und die Zahl der Frühpensionierungen der Lehrer geht zurück.

Es ist deshalb völlig unverständlich warum von den verantwortlichen Personen dieser Missstand nicht konsequent beseitigt wird.

Dabei ist das Wissen über die akustischen Erfordernisse ist nicht neu,...

Fazit

■ Konsequenzen für den Schulbau (anno 1967)

HEMMER
JUVENTA

TAGES
STÄTTEN
FÜR
KINDER

Hier werden Geräuschpegel von 80 Phon und mehr erreicht...Eine derartige dauernde Schalleinwirkung bedeutet für das Personal eine unzumutbare Belastung. Aber auch die Kinder selbst laufen durch anhaltende Lärmeinwirkung Gefahr, gesundheitliche Schäden, wie Überreizung des vegetativen Nervensystems, Ermüdungserscheinungen und negative Auswirkungen auf das Wachstum, davonzutragen.

Zur Vorbeugung...sind wirksame Maßnahmen zur Raumschalldämpfung...

F. D. Hemmer, Juventa Verlag 1967

...das Problem liegt woanders:

Fazit

■ Konsequenzen für den Schulbau (anno 2007)

**Es gibt
kein Erkenntnisproblem
es gibt nur ein
Umsetzungsproblem**

Worin könnte dieses „Umsetzungsproblem“ liegen:

1. Die DIN 18041 ist nach bayer. Bauordnung nicht verbindlich.
2. Von 400 Architekturstudenten eines Jahrganges an der TU München belegen 10 bis 20 das Wahlfach Bauakustik, das entspricht einer Quote von 2,5% - 5 %
3. Das Vernachlässigen der Akustikdecken reduziert den Angebotspreis bei einer Ausschreibung (geringfügig)
4. Bei den Kostenträgern fehlt das Wissen um die Bedeutung der Akustik

Rechtsgrundlagen:

Manch ein Verantwortlicher mag auf dem Standpunkt stehen, das Thema der Raumakustik, die Belastung für Lehrer und Schüler ignorieren zu können. Doch bei konsequenter Anwendung der Rechtslage kann dies ins Auge gehen.

Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
§3 Grundpflichten

Maßnahmen des Arbeitsschutzes treffen..., überprüfen...,
anpassen...

§4 Allgemeine Grundsätze

...Gefährdungen vermeiden, Restgefährdungen minimieren...
...Stand der Technik berücksichtigen...

Bayerisches Behinderten Gleichstellungsgesetz (BayBGG Juli 2003)

Art. 9 Benachteiligungsverbot

Die Behörden und sonstige öffentlichen Stellen des Freistaates Bayern (...) sollen im Rahmen ihres jeweiligen Aufgabenbereichs die in Art. 1 genannten Ziele aktiv fördern und bei der Planung von Maßnahmen beachten.

Ca. 420.000 hörgestörte Kinder besuchen eine „normale“ Schule (Quelle: Deutsches Zentralregister für kindliche Hörstörungen).

GUV-V S2 Kindertageseinrichtungen (Entwurf Juni 2005)

§7 Bau- und Raumakustik

In Räumen (...) sind bau- und raumakustische Anforderungen einzuhalten (...), die dem Stand der Technik entsprechen.

LärmVibrationsArbSchV (vom 6. März 2006)

§3 Gefährdungsbeurteilung

(1) Bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen (...) hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob die Beschäftigten Lärm oder Vibrationen ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein könnten. Ist dies der Fall, hat er alle hiervon ausgehenden Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten zu beurteilen. Dazu hat er die auftretenden Expositionen am Arbeitsplatz zu ermitteln und zu bewerten. (...)

DIN 18041

Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

DIN 4109

Schallschutz im Hochbau

Literatur:

■ Forschungsberichte der BAuA



Forschungsbericht FB 1030 der BAUA
ISBN 3-86509-210-1
Preis 14,50 € oder download 3,8 MB



Forschungsbericht FB 1071 der BAUA
ISBN 3-86509-513-5
Preis 19,00 €

■ Zum Stand der Forschung in D



Die akustisch gestaltete Schule
ISBN 3-525-48003-2
Preis 25.- €

Links:

<http://schuleundgesundheit.hessen.de/module/arbeitschutz/laerm>
<http://www.schullaerm.baden-wuerttemberg.de/>
<http://www.fluesterndesklassenzimmer.de/>
<http://www.best-news.de/?raumakustik>
<http://www.psychologie.uni-oldenburg.de/maria.klatte/presse.html>

http://www.isf.uni-bremen.de/ISF_Publikationen.htm

<http://www.schulakustik.de/> (kommerziell)

<http://www.tu-dresden.de/medlefo/content/beschr.php>

http://www.baua.de/nn_28502/de/Publikationen/Forschungsberichte/2004/Fb1030,xv=vt.pdf

http://www.guteundgesundeschule.de/gugs_full/f02-2.htm