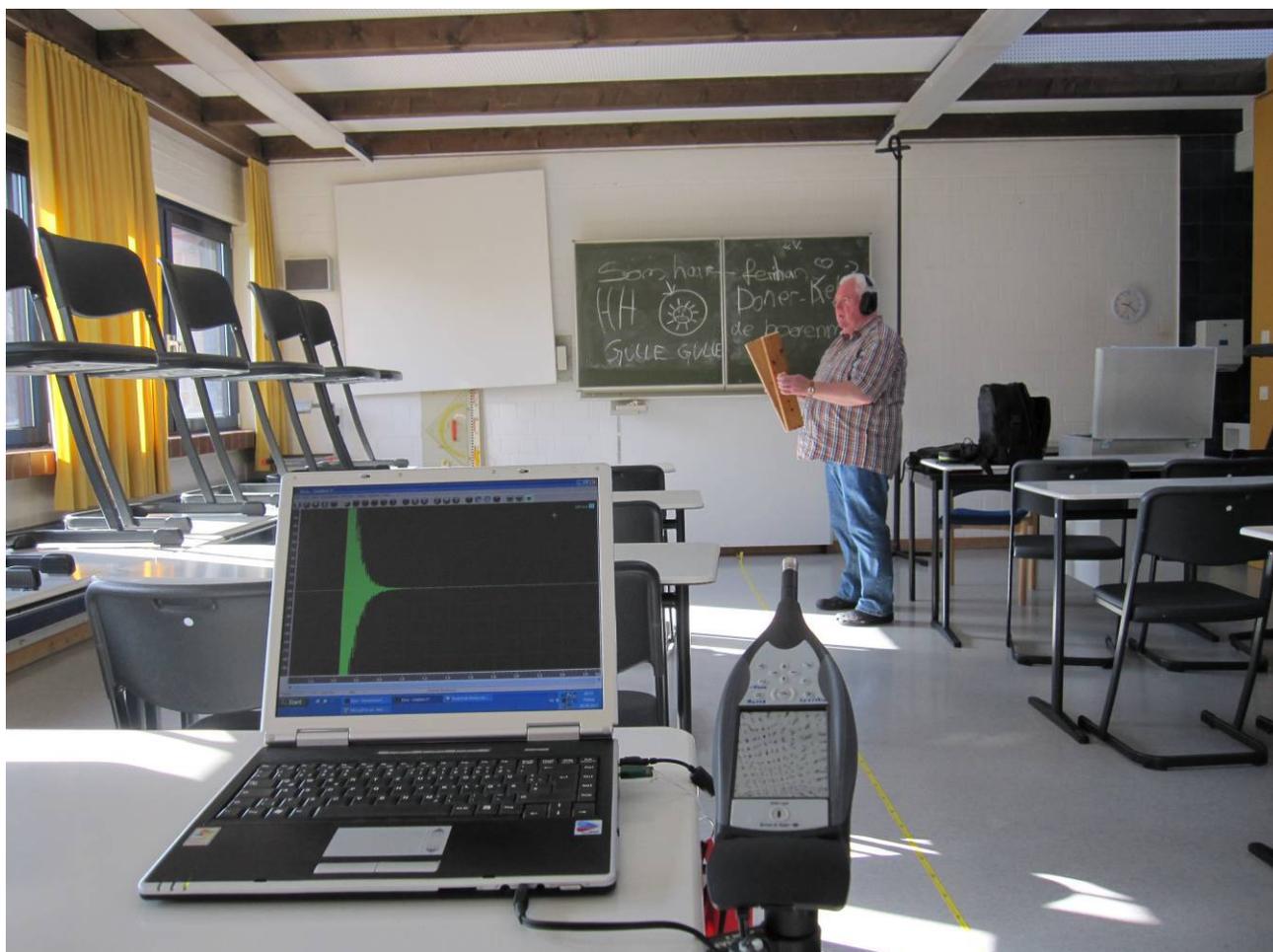


## Abschlussbericht

# Akustikmessungen und -bewertungen in Schulen im Regierungsbezirk Münster



**Durchführung und Berichtsverfasser:**

**Blome, Heinz** GOAR Dez. 56.3 - chemische, biologische u. physikalische Belastungen  
[heinz.blome@brms.nrw.de](mailto:heinz.blome@brms.nrw.de)

**Niehues, Karl-Heinz** GAI Dez. 56.3 - chemische, biologische u. physikalische Belastungen  
[karl-heinz.niehues@brms.nrw.de](mailto:karl-heinz.niehues@brms.nrw.de)

durchgeführt in 2010

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Ausgangslage.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Grundlagen der Akustik .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Laut ist relativ .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Nicht nur die Lautstärke ist entscheidend .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Nachhallzeit, näher erklärt.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Die DIN 18041 .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Rechtliche Betrachtung.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Programmbeschreibung.....</b>	<b>11</b>
<b>5. Mess-Chronologie .....</b>	<b>12</b>
<b>6. Messergebnisse.....</b>	<b>15</b>
<b>7. Umsetzung durch raumakustische Maßnahmen.....</b>	<b>20</b>
<b>7.1 Bau- oder Raumakustik – zwei unterschiedliche Baustellen .....</b>	<b>20</b>
<b>7.2 Gestaltung der raumakustischen Maßnahmen .....</b>	<b>21</b>
<b>7.3 Materialien .....</b>	<b>22</b>
<b>7.4 Der Schallabsorptionsgrad .....</b>	<b>23</b>
<b>7.5 Schallabsorber, porös oder schwingungsfähig .....</b>	<b>24</b>
<b>7.6 Firmenbeispiele .....</b>	<b>26</b>
<b>8. Fazit.....</b>	<b>29</b>

**Anlage 1: Muster eines Messprotokolls einer Schule**

**Anlage 2: Muster eines Raumbblatts**

## 1. Ausgangslage

Über Lärmbelästigung und gesundheitliche Beeinträchtigung durch Lärm im Straßenverkehr, in der Nähe von Baustellen, Flughäfen und die sonstigen allgemein bekannten Lärmbrennpunkte wird immer wieder diskutiert.

Auch im Arbeitsschutz ist die Wertigkeit schon alleine daran erkennbar, dass es erstmals in 2007 eine staatliche Regelung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Lärm und Vibrationen bei der Arbeit gibt (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutz-Verordnung).

Dass die Aussage: „Es ist zu laut“ aber auch für Schulen und Kindergärten zutrifft, belegt eine Reihe aktueller Untersuchungen.

Gelingende Kommunikation und Konzentration ist die Basis für Lernen und Lehren in der Schule.

Da ist es nicht verwunderlich, dass die Lernerfolge von Schülern bei erhöhtem Lärmpegel und schlechter Sprachverständlichkeit beeinträchtigt sind.

Doch die Wirkung des Lärms im Erziehungswesen wie Schulen und Kindergärten geht weiter.

- Lärm macht aggressiv, Lärm macht Stress, Lärm macht krank.
- Nahezu jeder Lehrer weiß aus persönlicher Erfahrung zu berichten, wie Lärm das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit und die Stimme strapaziert.
- Nicht nur Lehrkräfte, auch viele Schüler leiden unter einem hohen Geräuschpegel und schlechter Sprachverständlichkeit.
- Kinder mit Migrationshintergrund und Hörbehinderte haben oft bzw. grundsätzlich ein größeres Bedürfnis für Sprachverständlichkeit.

Wenn an der Lärmquelle (Lärmverhalten der Kinder) wenig zu verändern ist, sollten zumindest die Bedingungen zur Reduzierung des Pegels verbessert werden. Dazu bietet sich eine optimierte Raumgestaltung des Klassen- /Gruppenraumes an.

Beim Begriff Raumgestaltung denken wir zunächst an die optischen Gegebenheiten in einem Raum: Farben, Formen und Oberflächen des Bodens, der Wände und Decke. Und natürlich an die Einrichtungsgegenstände, die maßgeblich zum Charakter eines Raums beitragen.

Dass Räume aber nicht nur über die Augen, sondern auch über die Ohren wahrgenommen werden, wird uns meistens erst dann bewusst, wenn wir uns durch zu hohe Lärmpegel, eine schlechte Sprachverständlichkeit oder andere unangemessene akustische Bedingungen in einem Raum gestört fühlen. In vielen Fällen tritt erst dann die Frage auf: „Hätte man das auch besser machen können?“ Die Antwort ist oft ein uneingeschränktes „Ja“, denn die Raumakustik zeichnet sich dadurch aus, dass sie in hohem Maße planbar und somit vorhersagbar ist. Ebenso ist seit langem bekannt, unter welchen Bedingungen Räume als akustisch angenehm empfunden werden oder Menschen sich gestört fühlen.

Grundsätzlich kann jeder Raum akustisch optimal gestaltet werden. Ziel ist immer eine Hörumgebung, in der wir uns wohl fühlen, in der wir uns ohne Schwierigkeiten verständigen können, und die wir nicht als zu laut oder zu leise empfinden.

Besprechungen und Besichtigungen in Schulen und Kindergärten sowie Veröffentlichungen von Akustik-Experten und Unfallkassen/BGen zeigten aber, dass bei Bauvorhaben in der Vergangenheit und auch bei Umbaumaßnahmen und Erweiterungen sowie insbesondere bei Aufstellung von Containern als Klassenräume dem selten Rechnung getragen wird.

Deshalb wurde von der Bezirksregierung Münster, Dezernat Arbeitsschutz, in 2010 ein Projekt initiiert, um den Status im Aufsichtsbezirk zu erheben, Ergebnisse durch raumakustische Messungen zu ermitteln und den Verantwortlichen Vorschläge zur Belastungsminimierung zu unterbreiten.

## 2. Grundlagen der Akustik

### 2.1 Laut ist relativ

Schallereignisse, also Geräusche, Sprache oder Musik, nehmen wir in Abhängigkeit von ihrem Schalldruckpegel als unterschiedlich laut wahr. Schallereignisse können unabhängig von ihrer Lautheit angenehm oder unangenehm sein. Unsere Wahrnehmung von Geräuschen beginnt bei ca. 20 dB (Blätterrauschen); eine flüsternde Unterhaltung spielt sich bei ca. 30-40 dB ab.

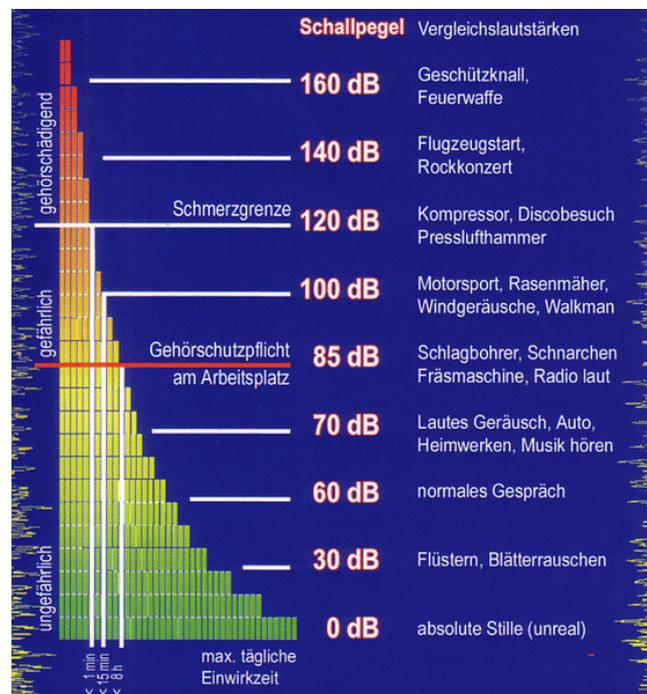
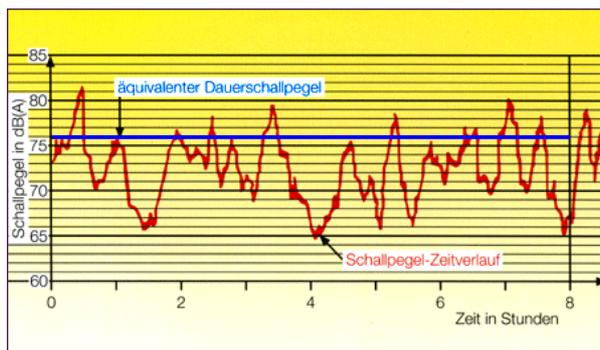


Abb. 1: Schallpegel verschiedener Verursacher

Abb. 2: Äquivalenter Dauerschallpegel, gemittelt aus dem Schallpegel-Zeitverlauf

Die maßgebliche Größe zur Beschreibung der Lärmbelastung eines Arbeitsplatzes ist der so genannte Beurteilungspegel, der sich aus dem gemessenen Mittelungspegel (äquivalenter Dauerschallpegel) sowie deren Einwirkzeit ergibt.

Erfahrungswerte besagen, dass ab einem Beurteilungspegel von 55 dB(A) konzentrierte geistige Tätigkeit nur noch eingeschränkt möglich ist.

Der Sprechapparat des Menschen ist normalerweise für eine Sprechweise auf einen A-bewerteten Schalldruckpegel von 54 bis 60 dB(A) in 1 Meter Entfernung vom Sprechenden ausgelegt. Ab einem Schalldruckpegel von 66 dB(A) ist längeres Sprechen für ungeübte Sprecher belastend. Ab 75 dB(A) beginnt die Sprache zu verzerren und wird schwerer verständlich.

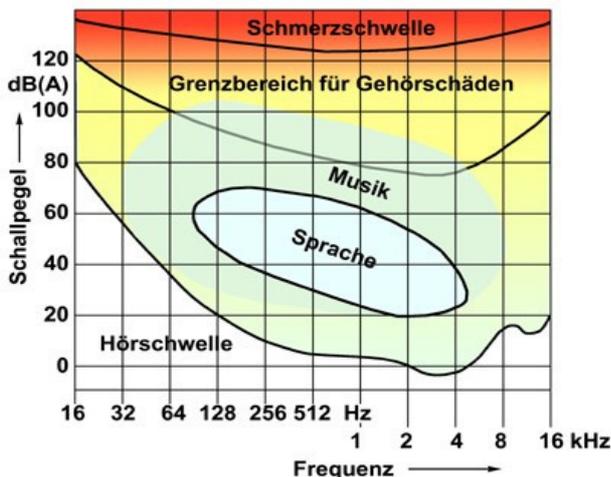
Die **A-Bewertung** ist eine frequenzabhängige Korrektur von gemessenen Schallpegeln, durch die das physiologische Hörvermögen des menschlichen Ohres nachgebildet wird.

Das menschliche Ohr hört Schall tieferer Frequenzen weniger gut als Schall mittlerer Frequenzen. Die A-Bewertungskurve passt die Messergebnisse an.

Ab einem Beurteilungspegel von 80 dB(A) beginnen anlagenbezogen gesetzliche Regelungen, wie z.B. die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung zum Schutz des Gehörs, zu greifen. Jenseits eines Schalldruckpegels von 100 dB schließlich sind bereits bei relativ kurzer Geräuscheinwirkung (>15 min.) irreversible Schäden des Gehörs zu befürchten. Derartige Pegel treten in unmittelbarer Nähe einiger Arbeitsmaschinen auf, aber auch in Diskotheken, bei Rockkonzerten und der Nutzung von MP3-Playern.

Lärm, der von Personen, wie in Schulen oder Kindergärten gegeben, stimmlich erzeugt wird, wird von der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung nicht erfasst, wohl aber von Normen wie DIN, VDI und berufsgenossenschaftlichen Regelungen (siehe Abschnitt 3: Rechtliche Betrachtung).

## 2.2 Nicht nur die Lautstärke ist entscheidend



Die Frequenzzusammensetzung bzw. das Spektrum des Schalls ist neben dem Schalldruckpegel, der wie beschrieben die Bewertung der Lautstärke definiert, von besonderer Bedeutung.

Das menschliche Gehör nimmt üblicherweise Frequenzen zwischen ca. 16 Hz und 16.000 Hz wahr. Musik deckt diesen Bereich nahezu vollständig ab, während Sprache weitgehend auf den Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 4000 Hz beschränkt ist. Hier ist das menschliche Gehör besonders empfindlich.

Abb. 3: Frequenzspektrum der Sprache

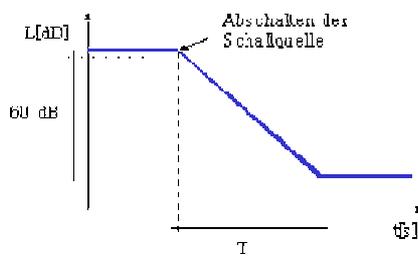
Als Konsequenz daraus, dass unser Gehör bei verschiedenen Frequenzen unterschiedlich empfindlich ist, werden raumakustische Größen wie die Nachhallzeit, der Schalldruckpegel oder auch der Schallabsorptionsgrad ( $\alpha$ ) eines Materials grundsätzlich in Abhängigkeit von der Frequenz angegeben.

## 2.3 Nachhallzeit, näher erklärt

Die wichtigste Größe zur Beschreibung der akustischen Eigenschaft eines Raumes ist die Nachhallzeit. Sie hängt vom Raumvolumen und dem frequenzabhängigen Schallabsorptionsvermögen der Raumbegrenzungsflächen (Wände, Decke, Boden) aber auch der Einrichtungsgegenstände (einschließlich der anwesenden Personen) ab.

Je größer der Raum und je schallhärter (reflektierend) die Oberflächenmaterialien, desto größer die Nachhallzeit.

Eine Messung der Nachhallzeit kann eventuell vorliegende Mängel objektiv aufdecken und bildet so eine gute Ausgangsbasis für Optimierungsvorschläge. Anhand der Messergebnisse können detaillierte Vorschläge mit bestimmten Materialien und benötigten Flächengrößen zur optimalen Gestaltung der Raumakustik erstellt werden.



Unter der rechnerischen Nachhallzeit im Sinne der DIN 18041 versteht man das Zeitintervall, innerhalb dessen der Schalldruck im zu messenden Raum nach dem Verstummen einer Schallquelle (z.B. Impulsschall einer Pistole) auf den tausendsten Teil seines Schalldruck-Anfangswerts abfällt, was einer Pegelabnahme von 60 dB entspricht.

Abb. 4: Definition der Nachhallzeit nach DIN 18041

Bei der Messung der Nachhallzeit wird in der Regel der Frequenzbereich von 250 bis 4000 Hz erfasst. Für unsere Messungen bedeutet dies, dass gemäß DIN EN ISO 3382 für jeden gemessenen Raum Nachhallzeiten ( $T$ ) für den Sprachbereich des Menschen, also für den tieffrequenten (125 und 250 Hz), mittelfrequenten (500 und 1000 Hz) und hochfrequenten (2000 und 4000 Hz) Bereich ermittelt wurden.

Die längsten Nachhallzeiten von 5 Sekunden und mehr werden in Kirchen, die kürzesten Nachhallzeiten von 0,3 s oder noch weniger in Tonstudios gemessen. Je nach Nutzungsart und Größe eines Raums liegt seine optimale Nachhallzeit irgendwo dazwischen.

Unsere Wahrnehmung rechnet in großen Räumen grundsätzlich mit einer längeren Nachhallzeit als in kleinen Räumen. Passen Raumgröße, Nutzung und Nachhallzeit nicht zueinander, so fühlen sich die Nutzer in ihrem Empfinden gestört und es kommt häufig zu Klagen. Ist die Nachhallzeit zu lang, wird der Raum als hallig oder dröhnend beschrieben und eine Sprachverständlichkeit ist nicht mehr gegeben oder stark erschwert. Ist die Nachhallzeit zu kurz, lautet die Beschreibung eher trocken oder dumpf.

## 2.4 Die DIN 18041

Diesem menschlichen Empfinden trägt die **DIN 18041 "Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen"** Rechnung, indem sich die empfohlene Soll-Nachhallzeit für jeden Raumtyp mit ansteigendem Raumvolumen vergrößert. In der DIN 18041 werden in Abhängigkeit verschiedener Nutzungsarten und des Raumvolumens Sollwerte der Nachhallzeit angegeben.

Die unterschiedenen Nutzungsarten sind **Unterricht** (auch Konferenzraum), **Sprache** (auch Musikprobenraum), **Musik** (aktiv) und **Sport**.

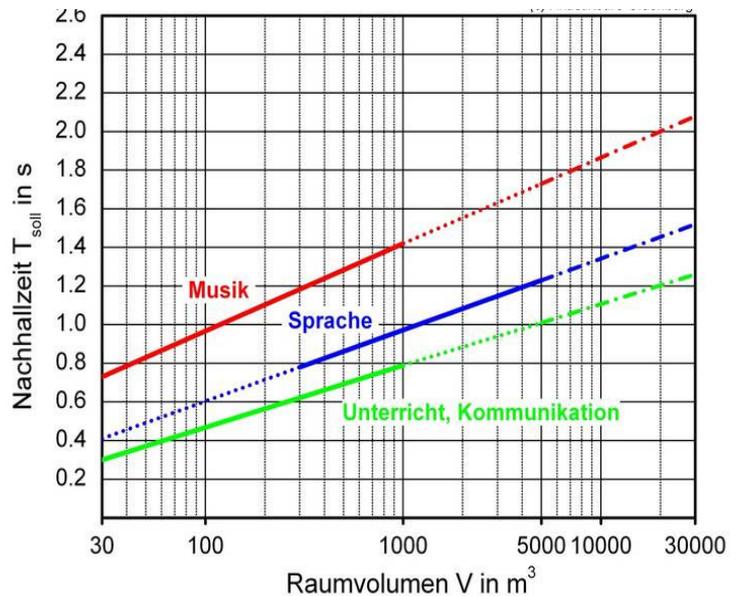


Abb. 5: Unterschiedliche Nachhallzeiten nach DIN 18041

**Beispiel:** Ein Klassenzimmer mit einem Volumen von 250 m³ sollte eine Nachhallzeit von 0,6 Sekunden nicht überschreiten. DIN 18041 sieht einen Toleranzbereich der Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz vor. Dieser beträgt bei mittleren Frequenzen +/- 20 Prozent.

Der Sollwert der Nachhallzeit z. B. für die Nutzungsart "**Unterricht**" wird, wie nebenstehend dargestellt, berechnet:

$$T_{soll} = \left( 0,32 \cdot \lg \frac{V}{m^3} - 0,17 \right)$$

Abb. 6: Berechnungsformel für Unterrichtsräume

Zu wenig Absorption und somit ein zu langer Nachhall vermindert die Sprachverständlichkeit, was zwangsläufig durch eine ungesunde Erhöhung der Sprechlautstärke kompensiert wird.

Nach der Norm DIN 18041 wird empfohlen, in folgenden Fällen der Nutzungsart "**Unterricht**" die **Sollnachhallzeit nochmals um 20 Prozent zu reduzieren** (insbesondere in den Oktavbändern 250 Hz bis 2000 Hz):

- Wenn Personen (z.B. Schüler, Kindergartenkinder) mit eingeschränktem Hörvermögen die Räume benutzen.
- Wenn Kommunikation in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde, stattfindet.

- Bei der Kommunikation mit Personen (z.B. Schüler, Kindergartenkinder), die Deutsch als Fremdsprache sprechen.
- Bei der Kommunikation mit Personen (z.B. Schüler, Kindergartenkinder), die auf andere Weise ein Bedürfnis nach erhöhter Sprachverständlichkeit haben, z.B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen, Leistungsschwäche.

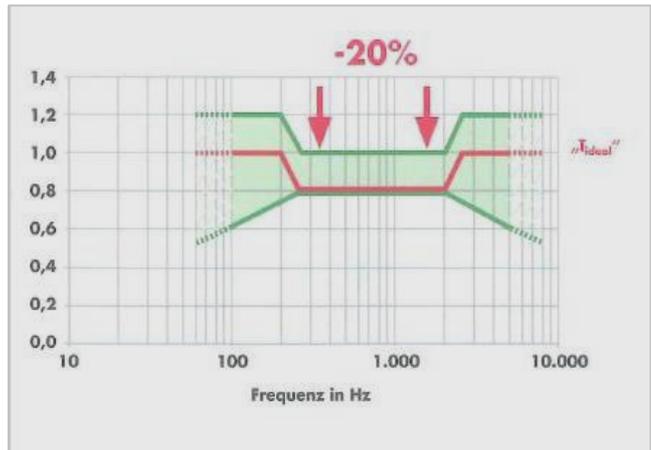


Abb. 7: Reduzierung der Sollnachhallzeit

Werden die Messungen der Nachhallzeit in unbesetztem Zustand durchgeführt, kann aus dem gemessenen Wert der im besetzten Zustand zu erwartende Wert der Nachhallzeit berechnet werden.

Die DIN merkt hierzu an, dass die Nachhallzeit des Raumes im unbesetzten Zustand nicht mehr als 0,2 Sekunden über dem Sollwert liegen soll.

### 3. Rechtliche Betrachtung

Die DIN 18041 ist als allgemein anerkannte Regel der Technik bei allen Neubauten, Umbauten und Sanierungen zu beachten. Für Gebäude, die vor Mai 2004 errichtet, umgebaut oder saniert wurden, war die Vorgängernorm DIN 18041 von Oktober 1968, die etwas höhere Werte zu ließ, relevant.

Die rechtliche Verpflichtung zur Anwendung dieser Normen ergibt aus dem **Arbeitsschutzgesetz**, der **Arbeitsstättenverordnung**, dem **Sozialgesetzbuch VII** sowie der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention GUV-V A1“.

Der §4 des Arbeitsschutzgesetzes gibt z.B. vor, dass bei den Maßnahmen des Arbeitsschutzes der Stand der Technik ... sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen sind. Dazu zählen auch Normen wie DIN, VDI usw..

Die (messtechnische) Beurteilung einer Raumakustik sollte ein Teil der erforderlichen Gefährdungsbeurteilung nach v.g. Vorschriften sein, zu der die Schulleitung grundsätzlich verpflichtet ist (siehe Auszug aus nachfolgend wiedergegebenem Erlass).

**Erlass des Ministeriums für Schule, Wissenschaft und Forschung NRW vom 18. Juli 2002**

Die Verantwortung für den Arbeits- und Gesundheitsschutz aller Lehrerinnen und Lehrer an öffentlichen Schulen, besonders im so genannten inneren Schulbereich, obliegt der Schulleiterin oder dem Schulleiter. Sie oder er erhält dabei Unterstützung durch die Schulaufsichtsbehörden.

Pflicht der Schulleiterin oder des Schulleiters ist es,

- das Gefährdungspotenzial zu ermitteln,
- die Beseitigung der Gefahren zu veranlassen und
- die Tätigkeit in diesem Bereich zu dokumentieren.

Einerseits ist es dazu nötig, dass die Schulleiterin oder der Schulleiter ein Augenmerk auf Situationen hat, aus denen sich Gefährdungen ergeben können. Andererseits besteht auch die Notwendigkeit, dass sie oder er über Arbeits- und Gesundheitsschutzbestimmungen informiert ist. Schließlich ist es erforderlich, dass sich die Schulleiterin oder der Schulleiter zur Beseitigung der Gefährdungen an die richtigen Stellen wendet oder selbst die richtigen Maßnahmen trifft. ...

Die Aufgabenerfüllung durch die Schulleiterin oder den Schulleiter reduziert die Pflichten des Schulträgers im Bereich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes hinsichtlich der so genannten äußeren Schulangelegenheiten (§ 30 SchVG) keinesfalls.

*Infofeld 1: Erlass des MSWF NRW*

In wie weit der Träger der Einrichtung seiner Verpflichtung zur baulichen Umsetzung (Neubau, Altbau) nachkommt, oder ob Eigen-, Eltern- Lehrer- oder Schülereinsatz erforderlich wird, ist zwischen den Verantwortlichen zu klären.

**Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung**

Messungen und Bewertungen des Beurteilungspegels im Sinne der LärmVibrationsArbSchV (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung), veröffentlicht auf Basis des Arbeitsschutzgesetzes im Jahre 2007, wie in Gewerbebetrieben üblich, sind hier nicht angebracht, da der Lärmpegel nicht von Maschinen und Anlagen sondern von Personen (Kindern) ausgeht.

**Hinweis:**

In der Neufassung der Unfallverhütungsvorschrift "**Kindertageseinrichtungen - GUV-V S2**" ist unter §6 "Bau - und Raumakustik" erstmals festgeschrieben, dass in Räumen sowie in innenliegenden Aufenthaltsbereichen von Kindertageseinrichtungen entsprechend der Nutzung bau- und raumakustische Anforderungen einzuhalten sind.

*In der ebenfalls neuen Regel **GUV-SR S2** heißt es dazu: Wirksame Maßnahmen zur Senkung des Gesamtstörschallpegels setzen die Einhaltung der Anforderungen des baulichen Schallschutzes voraus.*

*Eine gute Sprachverständlichkeit wird durch raumakustische bauliche Maßnahmen erreicht.*

*Durch niedrigere Nachhallzeiten wird eine bessere Sprachverständlichkeit aller Kinder erreicht.*

*2010/2011 ist mit der neuen **GUV-V S1 "Schulen"** zu rechnen, in der wohl gleiche Regelungen vorgegeben werden.*

*Infofeld 2: UVV Kindertageseinrichtungen - GUV-V S2*

## 4. Programmbeschreibung

Um einen Überblick der Bedingungen im Aufsichtsbezirk der Bezirksregierung Münster zu erhalten wurde von Mitarbeitern des **Arbeitsschutzdezernats 56.3** "Physikalische Belastungen" neben dem vorhandenen Schallpegelmessgerät eine Software beschafft, mit der raumakustische Messungen durchgeführt werden können.

Gleichzeitig war es aber auch erforderlich, das Hintergrundwissen für Raumakustik zu vertiefen, um vor Ort bzw. in Form von Messberichten (Anlage 3) Empfehlungen geben zu können.

So ausgerüstet wurde daraus ein Projekt, durchgeführt insbesondere an Schulen.

40 Schulen jeder Schulform wurden flächendeckend im Aufsichtsbezirk angeschrieben und für das Thema sensibilisiert.

Die Schulleitungen wurden in dem Anschreiben auf die Verpflichtung hinsichtlich der Arbeitsschutz-Organisation und -Dokumentationen (z. B. **Gefährdungsbeurteilungen nach dem Arbeitsschutzgesetz** für die Lehrpersonen) hingewiesen, da sie auch gemäß *Erlass des MSWF NRW (siehe Infofeld 1)* **Arbeitgeber** im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes und der darauf gestützten Verordnungen für die Lehrerinnen und Lehrer sind.

### **Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG**

#### **§ 5 Beurteilung der Arbeitsbedingungen**

- (1) Der Arbeitgeber hat durch eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdung zu ermitteln, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind.
- (2) Der Arbeitgeber hat die Beurteilung je nach Art der Tätigkeiten vorzunehmen. Bei gleichartigen Arbeitsbedingungen ist die Beurteilung eines Arbeitsplatzes oder einer Tätigkeit ausreichend.
- (3) Eine Gefährdung kann sich insbesondere ergeben durch
  1. die Gestaltung und die Einrichtung der Arbeitsstätte und des Arbeitsplatzes,
  2. ...

#### *Infofeld 3: § 5 Arbeitsschutzgesetz*

9 der 40 angeschriebenen Schulleiter/Innen reagierten auf das Anschreiben.

2 weitere Schulen wurden aufgrund von Beschwerden bzw. anderweitigem Kontakt aufgesucht.

In der Regel erfolgte vor Durchführung der Messung ein Gespräch und eine Besichtigung vor Ort, um die Örtlichkeit sowie die Verantwortlichen kennen zu lernen und die Erwartungshaltung sowie das weitere Vorgehen nach erfolgter Messung zu diskutieren.

Es wurde den Schulleitungen geraten, die Vertreter des Schulträgers über die bevorstehenden Messungen zu informieren, was i.d.R. auch erfolgte.

In 2 Schulen nahmen an der Vor- und Nachbesprechung bzw. den Messungen selbst Vertreter des Schulträgers aus der Bauabteilung der Städte und Gemeinden teil.

## 5. Mess-Chronologie

Zur Durchführung raumakustischer Messungen ist es nicht erforderlich, dass der Klassenraum mit Kindern/Lehrer besetzt ist. Somit konnte auch zeitlich auf die Ferienzeit zurückgegriffen werden, in der oft der Hausmeister anwesend ist. Wichtig war, dass Klassenräume, die von Lehrer und Kinder als akustisch unangenehm empfunden wurden, von der Schulleitung benannt wurden. Gleichzeitig war es aber auch wichtig, Räume zu messen, die über gute akustische Verhältnisse verfügten, um für Vergleiche Rückschlüsse auf Räume gleicher Bauweise gleicher Bauphasen schließen zu können.

Nach dem Vermessen der Räume in Länge, Breite und Höhe ergab sich das Raumvolumen, von dem abgeleitet über die in der DIN 18041 verankerte Formel (siehe Abb. 6) die Soll-Nachhallzeit ermittelt wurde.

Üblicherweise wurde an der Position des Lehrers (2 m vor der Tafel) ein Schallimpuls erzeugt und an definierten Punkten je nach Länge des Raumes der Pegel gemessen.

Entgegen dem üblichen Messverfahren haben wir in den Schulen aus verständlichen Gründen auf den Einsatz einer Pistole verzichtet.

Um ebenfalls einen Pegel von etwa 140 dB zu erreichen, wurde eine Konstruktion gebaut vergleichbar einer Startklappe, wie man sie aus der Leichtathletik kennt.



Abb. 8: selbstgebauter Impulsgeber (140 dB) alternativ zur üblicherweise eingesetzten Pistole



Abb. 9: Schallpegelmesser

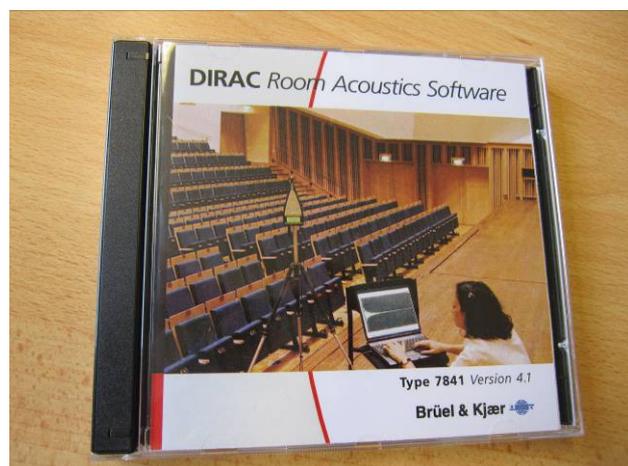
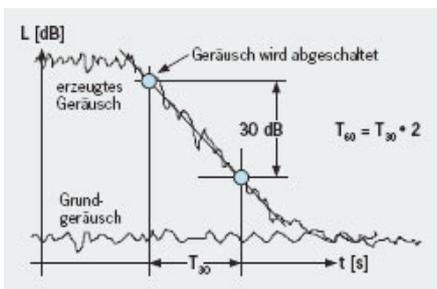


Abb. 10: Software



Abb. 11: Rechner in Verbindung mit einem Schallpegelmesser als Mikrofon. Der vom Impulsgeber erzeugte „140 dB-Knall“ wird aufgezeichnet und verrechnet. Die Software liefert eine differenzierte Aufschlüsselung des Nachhalls im Frequenzbereich von 125 Hz bis 8 Khz.



Für jeden Messpunkt im Raum wurde mit dem Impulsgeber (der Holzklatzche) ein Pegel erzeugt, der so hoch (laut) sein musste, dass auch am weitesten entfernten Messpunkt nach Abfall des Pegels ein genügend hoher Abstand zum Hintergrundgeräusch gegeben war. Die Holzklatzche erfüllt mit 140 dB diese Forderung auch bei größeren Räumen.

Abb. 12: Theoretischer Verlauf des erzeugten Schallimpulses

Mithilfe der **DIRAC Room Acoustics Software** der Fa. Brüel & Kjaer wurde der Impuls jeweils an den Messpunkten der Messstrecke in 1,5-3-4,5-... Meter Entfernung mittels eines Schallpegelmessers in der Funktion als Mikrofon aufgenommen und verrechnet.

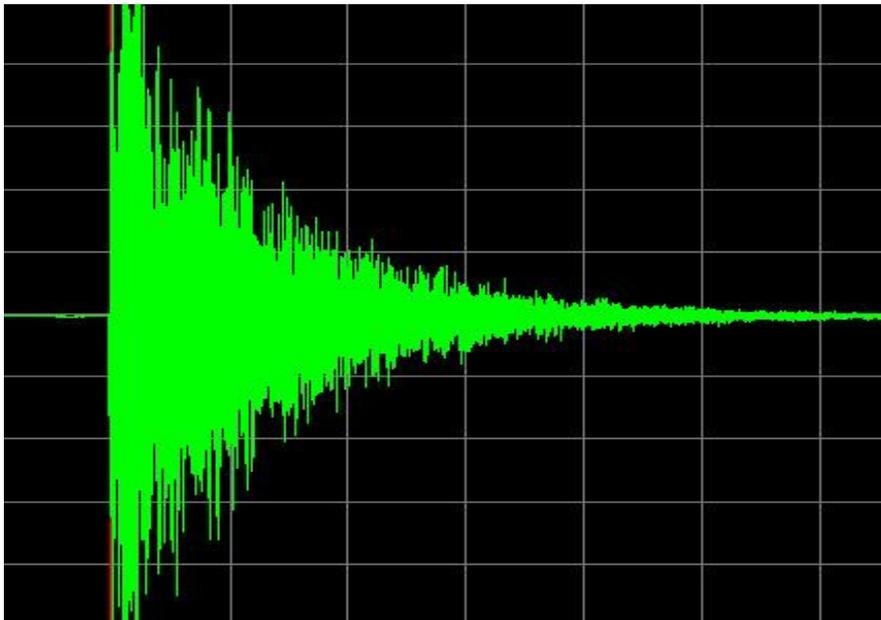


Abb. 13:  
visualisierter Zeitverlauf des erzeugten Impulses

Das Messergebnis stellt sich, wie exemplarisch in Abb.13 wiedergegeben, dar.

Über das Raumvolumen von 229 m<sup>3</sup> (Beispiel) ergibt sich für diesen Beispiel-Unterrichtsraum eine Soll-nachhallzeit  $T_{soll}$  von 0,59 Sekunden. Daneben werden die gemessenen Nachhallzeiten als Mittelwerte für den tief- (rot), mittel- (braun) und hochfrequenten Bereich (gelb) wiedergegeben.

Klasse XXX	229 m <sup>3</sup>	Länge = 9,9 m		Breite = 6,8 m		Höhe = 3,4 m	
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Messung 1,5 m		1,218	1,100	0,681	0,589	0,575	0,546
Messung 3,0 m		1,312	1,041	0,712	0,566	0,579	0,560
Messung 4,5 m		1,474	1,068	0,669	0,590	0,605	0,567
Messung 6,0 m		1,430	1,013	0,697	0,573	0,581	0,564
<b>Mittelwert</b>		<b>1,359</b>	<b>1,056</b>	<b>0,690</b>	<b>0,580</b>	<b>0,585</b>	<b>0,559</b>
<b><math>T_{soll} (0,32 \text{ lgm}^3 - 0,17) = 0,59 \text{ s}</math></b>		<b>tiefrequ. = 1,21 s</b>		<b>mittelfrequ. = 0,63 s</b>		<b>hochfrequ. = 0,57 s</b>	

Abb. 14: Ermittelte Werte für eine Messstrecke bzw. einen gemessenen Raum

An diesem Beispiel ist erkennbar, dass der tieffrequente Wert mit 1,21 Sekunden Nachhallzeit eindeutig über dem Sollwert von 0,59 Sekunden liegt mit Schwerpunkt im 125 Hz Bereich.

Auch der mittelfrequente Wert liegt mit 0,63 Sekunden über dem Sollwert, aber unter dem nach DIN unter Normalbedingungen noch tolerierbaren Wert von 120% des Sollwerts.



## 6. Messergebnisse

In den 10 aufgesuchten Schulen wurden in

- 54 Klassenräumen einschl. Medien-, Werk- und Fachräumen
- 6 Lehrerzimmern
- 2 Pavillons
- 2 Mensen sowie
- 3 Musikräumen

330 Einzelmessungen durchgeführt.

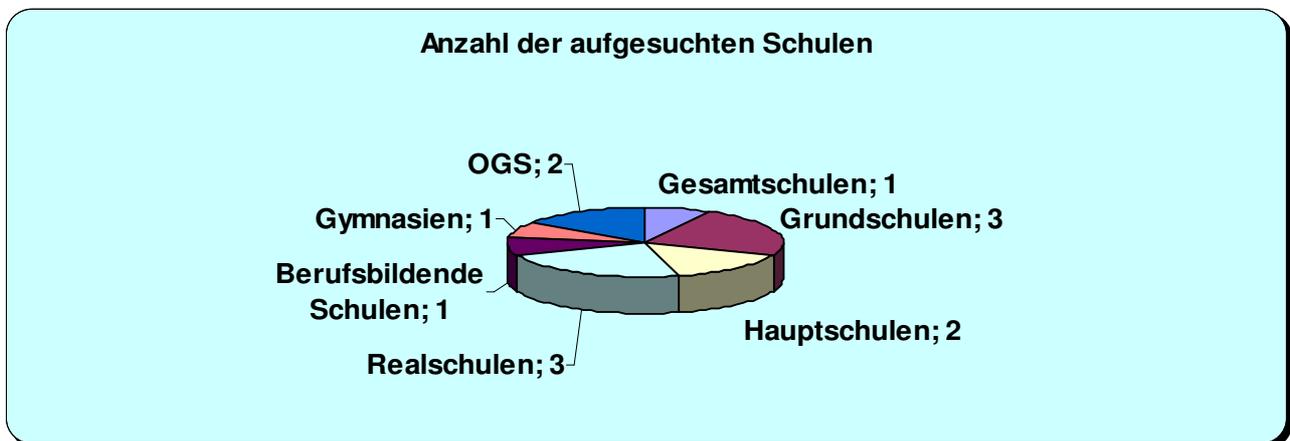


Abb. 15: Art und Anzahl der aufgesuchten Schulen

In einigen Klassenräumen wurden, wenn Gardinen vorhanden waren, Messungen mit offenen und geschlossenen Gardinen durchgeführt.

Die Wirkung der geschlossenen Gardinen stellte sich, wenn überhaupt, sehr unterschiedlich dar in Abhängigkeit von der Dichte des Materials, aber auch von der Tiefe des Raumes zwischen Gardine und Fensterfläche.

### Ziff. 5.2.1.2.3 der DIN 18041

**Anmerkung 1:** Textile Bodenbeläge absorbieren den Schall i.d.R. lediglich bei hohen Frequenzen und reichen als alleinige raumakustische Maßnahmen nicht aus.

**Anmerkung 2:** Die Schallabsorption von Vorhängen oder anderen innen liegenden Verdunkelungsmaßnahmen ist stark von der Anordnung, dem gewählten Material und von der wirksamen Fläche abhängig.

Infofeld 3: Anmerkung der DIN 18041

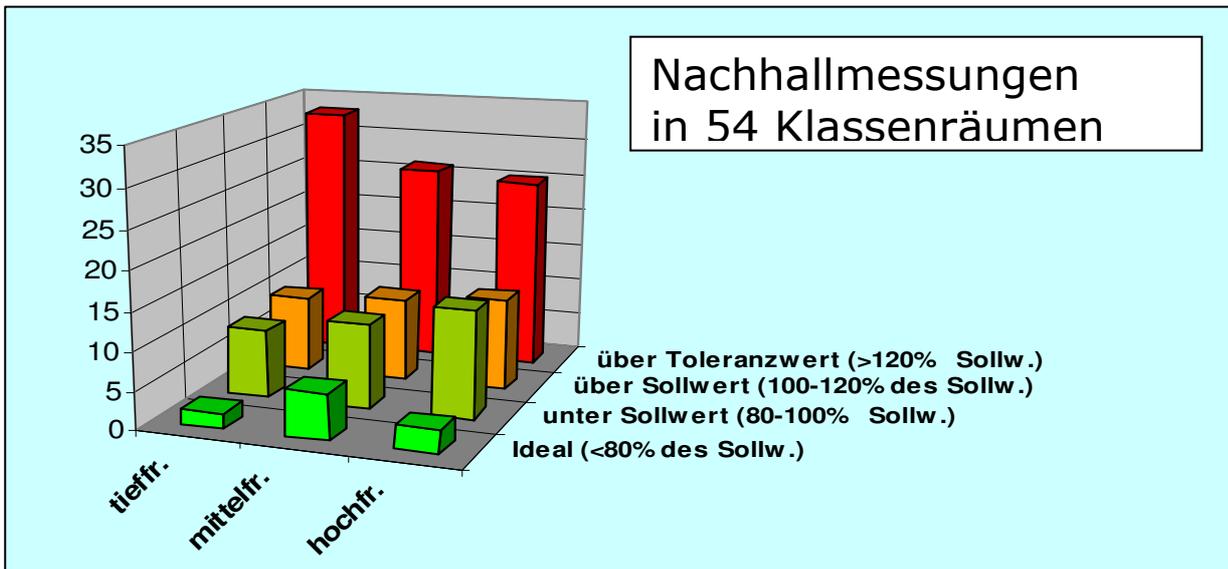


Abb. 16: Messergebnisse von 255 Nachhallmessungen aus 54 Klassenräumen, geschlüsselt für die drei ermittelten Frequenzbereich tieffr. (125-250 Hz), mittelfr. (500 - 1Khz) und hochfr. (2Khz - 4 KHz). Wie auf dem Bild übersichtlich zu erkennen ist, überwiegen die negativen Messergebnisse (orange und rot). Die meisten Messergebnisse lagen bei >120% des Sollwertes.

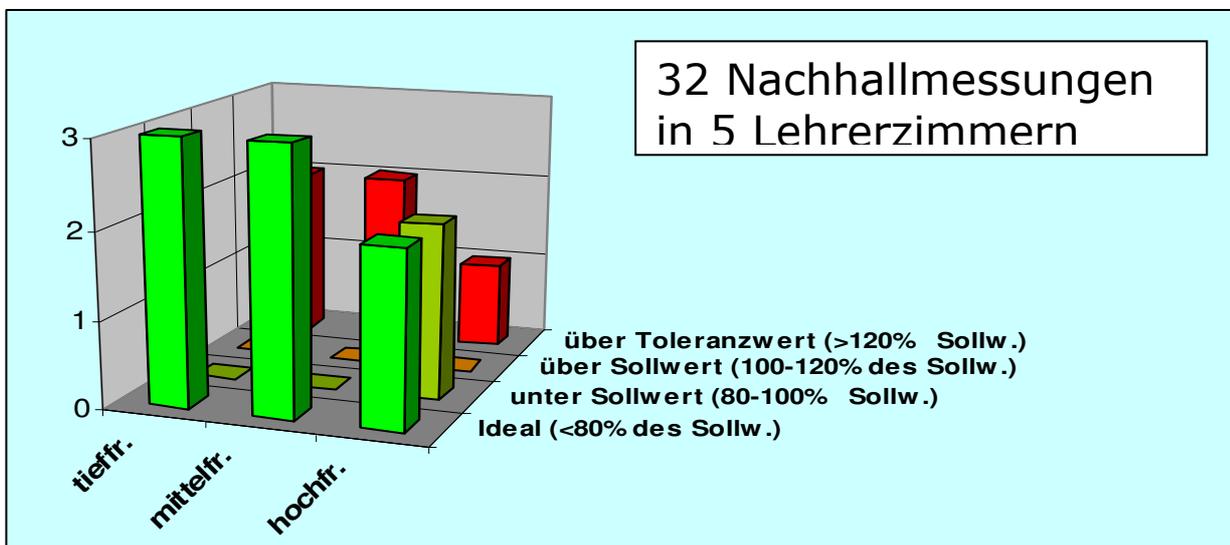


Abb. 17: Messergebnisse der 5 gemessenen Lehrerzimmer, geschlüsselt für die drei ermittelten Frequenzbereiche.

Lehrerzimmer stellten sich als akustisch überwiegend optimiert dar.

### **Interpretation der Grafikwerte aus Abb. 16 und 17**

In den beiden vorstehenden Grafiken werden alle Nachhallzeitmessungen in den 3 Frequenzbereichen tief, mittel und hoch in 4 Gruppen unterteilt.

Der Bereich unterhalb 80% der Sollzeit ist als realisierbarer Idealwert bei Neubauten und Sanierungsmaßnahmen anzustreben (siehe 2.4).

Unter Normalbedingungen erfüllt der Raum die Anforderungen der DIN 18041, wenn er sich unterhalb der  $T_{\text{Soll}}$ -Zeit (80-100%) bewegt. Geht man davon aus, dass die Räume im unbesetzten Zustand gemessen wurden und SchülerInnen durch ihre Anwesenheit sowie die eingebrachten Kleidungen und Utensilien ebenfalls zur Absorption beitragen, dann wäre der Bereich bis  $T_{\text{Soll}} + 20\%$  noch gerade akzeptabel.

Danach ist etwa ein Drittel der gemessenen Klassenräume als akustisch nicht ausreichend anzusehen, wobei daraus nicht abgeleitet werden kann, dass 1/3 der in den Schulen vorhandenen Räume akustisch schlecht sind. Üblicherweise wurde in den Schulen sowohl Räume ohne Akustikmaßnahmen als auch Klassen mit neuen und älteren Akustikdecken gemessen, um für vergleichbar ausgestattete Räume als Relevanz zu dienen.

Es gab Schulen, in denen fast kein Raum die Anforderungen erfüllte, andere Schulen/Kommunen hatten zumindest begonnen, sukzessiv Räume auszurüsten. In 2 der 10 Schulen wurde die Notwendigkeit erkannt, da hörgeschädigte Kinder unterrichtet wurden. Bei einigen neueren Maßnahmen musste die Fachkompetenz der ausführenden Firmen/Architekten in Frage gestellt werden.

Bei den Lehrerzimmern ist tendenziell der Umsetzungsstand höher und die Maßnahme i.d.R. besser.

Eine Zuordnung der schlechten Messergebnisse zu einer bestimmten Schulform ist nicht möglich. Eher ist eine Zuordnung der Ergebnisse zu dem Jahr der Errichtung des Schulgebäudes gegeben. Auch in "alten" Schulen wurden früher Klassenräume und Lehrerzimmer mit Schallschutzdecken versehen. Die damalige Ausstattung entsprach aber nicht dem Stand der Technik von heute. Dies betrifft in erster Linie Art und Einbauweise des eingebrachten Materials. Akustikplatten wurden i.d.R. direkt unter die Betondecken geklebt, wobei Anbringungsort und Material noch nicht raum- oder frequenzbezogen ausgewählt wurde. In derartigen Räumen fehlt überwiegend die Reduzierung des tieffrequenten Nachhalls, was auch in der Abb. 16 ersichtlich wird.

Als architektonisch und akustisch gelungen mit Nachhallzeiten von 0,3-0,4 Sekunden stellte sich insbesondere ein neuerer Anbau einer Grundschule dar, in dem die Wände aus porösen Steinen gemauert waren und Schallschutzdecken nach dem derzeitigen Stand der Technik verbaut wurden (siehe Abb. 18 und 19). Unfallschutztechnisch und hygienisch ist diese Bauweise allerdings im Vorfeld zu diskutieren.

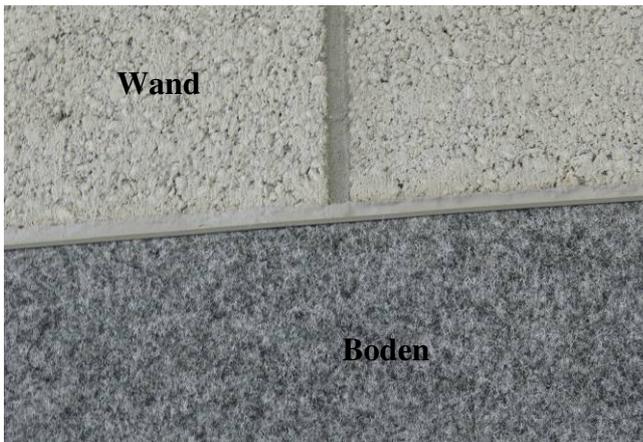


Abb. 18: schalltechnisch wirksame poröse Wandsteine und Filzboden



Abb. 19: Akustikdecke mit integrierter Beleuchtung

Die nachfolgende Tabelle gibt die positiven Messergebnisse v. g. Grundschule wieder. Die Werte liegen unter dem  $T_{ideal}$ -Wert (80% von  $T_{soll}$ ), der hier bei 0,53 sec. Nachhallzeit 0,424 sec. bedeuten würde.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Messung 1,5m	0,261	0,298	0,342	0,368	0,385	0,355
Messung 3m	0,073	0,305	0,379	0,423	0,391	0,377
Messung 4,5m	0,283	0,560	0,388	0,404	0,377	0,368
<b>Mittelwert</b>	<b>0,21</b>	<b>0,39</b>	<b>0,37</b>	<b>0,40</b>	<b>0,38</b>	<b>0,37</b>
$T_{soll}$ (0,32 $l_{gm^3}$ - 0,17)	<b>0,54</b>	tieffrequ. <b>0,30</b>	mittelfrequ. <b>0,38</b>	hochfrequ. <b>0,38</b>		

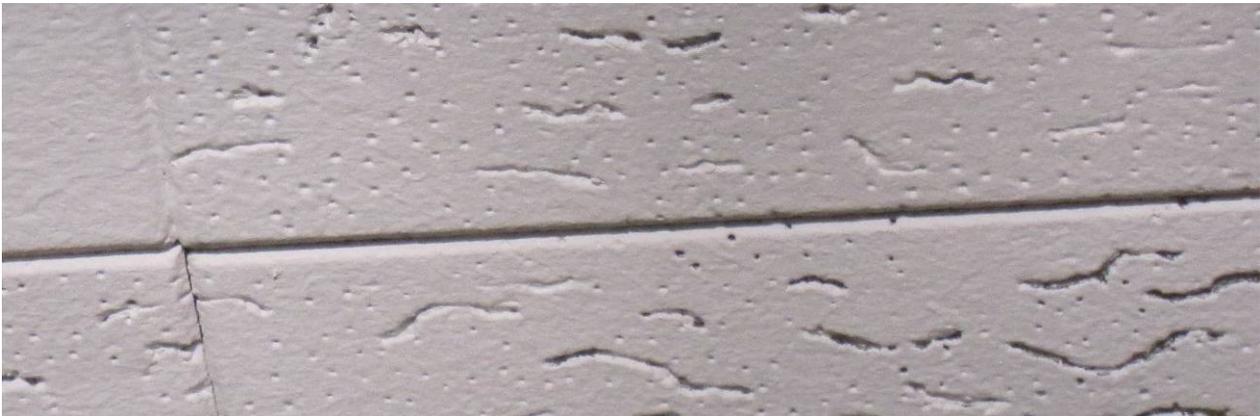
Abb. 20: akustisch optimale Bedingungen eines Klassenraumes

Demgegenüber ist nachstehend in der Abb. 21 die Situation in einem Pavillon wiedergegeben, der die Sollzeiten weit überschreitet. Ein Unterricht ist bei diesen Werten belastend für LehrerInnen und Kinder und eigentlich unmöglich.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Messung 1,5m	1,171	1,523	1,273	1,532	1,659	1,271
Messung 3m	2,328	1,680	1,354	1,526	1,610	1,313
Messung 4,5m	1,452	1,620	1,402	1,578	1,611	1,315
Messung 6m	1,881	1,738	1,433	1,529	1,663	1,313
Messung 7,5m	1,821	2,142	1,434	1,611	1,643	1,333
Messung 9m	1,562	2,041	1,424	1,557	1,623	1,339
<b>Mittelwert</b>	<b>1,703</b>	<b>1,791</b>	<b>1,387</b>	<b>1,556</b>	<b>1,635</b>	<b>1,314</b>
$T_{soll}$ (0,32 $l_{gm^3}$ - 0,17)	<b>0,51</b>	tieffrequ. <b>1,75</b>	mittelfrequ. <b>1,47</b>	hochfrequ. <b>1,47</b>		

Abb. 21: akustisch desolante Bedingungen eines Pavillons

Immer wieder wurde bei älteren Schulen/Decken festgestellt, dass Akustikplatten überstrichen wurden. Das Überstreichen von Akustikplatten versiegelt die Oberfläche und reduziert die Schallabsorption erheblich. Der vom Hersteller angegebene  $\alpha$ -Wert der Platten ist damit nicht mehr gegeben.



*Abb. 22: Mit Farbe überstrichene Akustikplatten. Die akustische Wirkung solcher überstrichener Platten geht gegen null, da die offene Pore nicht mehr gegeben ist und die Platte außerdem verhärtet.*



*Abb. 23: Untergeklebte dünne Akustikplatten eines Klassenraumes. Die Wirkung macht sich nur im hochfrequenten Bereich bemerkbar, im tieffrequenten Bereich gibt es so gut wie keine akustische Nachhallreduzierung.*

Bei Akustikplatten, die nur unter einer Betondecke aufgeklebt angebracht werden, ist zwar eine Wirkung im mittel- und hochfrequenten Bereich zu erzielen, im tieffrequenten Bereich macht sich im Gegensatz zu abgehängten Akustikdecken (siehe Abb. 26) der fehlende Hohlraum bemerkbar. Die geringe Plattendicke, wie auf dem obigen Bild erkennbar, tut ihr übriges.



*Abb. 24: Neuere Akustikdecke, nicht flächendeckend bis zum Raumrand verbaut. Dadurch fehlt i.d.R. die tieffrequente Wirkung, die insbesondere im Raumrandbereich erzielt werden kann.*

## 7. Umsetzung durch raumakustische Maßnahmen

### 7.1 Bau- oder Raumakustik – zwei unterschiedliche Baustellen

Die Teilgebiete „Bauakustik“ und „Raumakustik“ befassen sich grundsätzlich mit zwei völlig unterschiedlichen Eigenschaften eines Gebäudes.

Für die **Bauakustik** orientiert sich die Anforderung daran, in welchem Ausmaß Lärm von einem Raum in einen anderen übertragen wird. In der Praxis betrifft dies in der Regel benachbarte oder übereinander liegende Räume. Sind die beteiligten Bauteile (Wände, Decken, Türen, Fenster) nicht passend dimensioniert oder nicht fachgerecht ausgeführt, kann es zu Störungen innerhalb eines Gebäudes kommen.

Beklagt wird dann beispielsweise, dass Gespräche in Nachbarräumen verfolgt werden können oder Geräusche aus Nachbarklassen in hohem Maße den eigenen Unterricht stören. Die hohe Halligkeit in akustisch nicht präparierten Schulfluren macht sich außerdem stark negativ bemerkbar.

Die **Raumakustik** betrachtet immer einen Raum für sich: einen Gruppenraum im Kindergarten, ein Call-Center oder Besprechungszimmer, ein Klassen- oder Lehrerzimmer einer Schule, ein Schwimmbad, eine Aula oder einen Konzertsaal.

Gegenstand der Betrachtung sind grundsätzlich die akustischen Bedingungen in dem Raum selbst, die im Wesentlichen durch die Oberflächen und Einrichtungsgegenstände geschaffen werden.

## 7.2 Gestaltung der raumakustischen Maßnahmen

Grundsätzlich können raumakustische Maßnahmen auf alle schallharten Oberfläche eines Raumes angebracht werden. Da in Klassenräumen, also Räumen mit einem Volumen bis etwa 250 m<sup>3</sup>, keine Gefahr zur akustischen Überdämpfung besteht, kann eine vollständig schallabsorbierende Decke in Kombination mit einer ebenfalls schallabsorbierenden Rückwand/Teilrückwand verwirklicht werden.

Die nachfolgende Darstellung stellt optimale und ungünstige Anordnungen schallabsorbierender Verkleidungen in Klassenräumen gemäß DIN 18041 gegenüber.

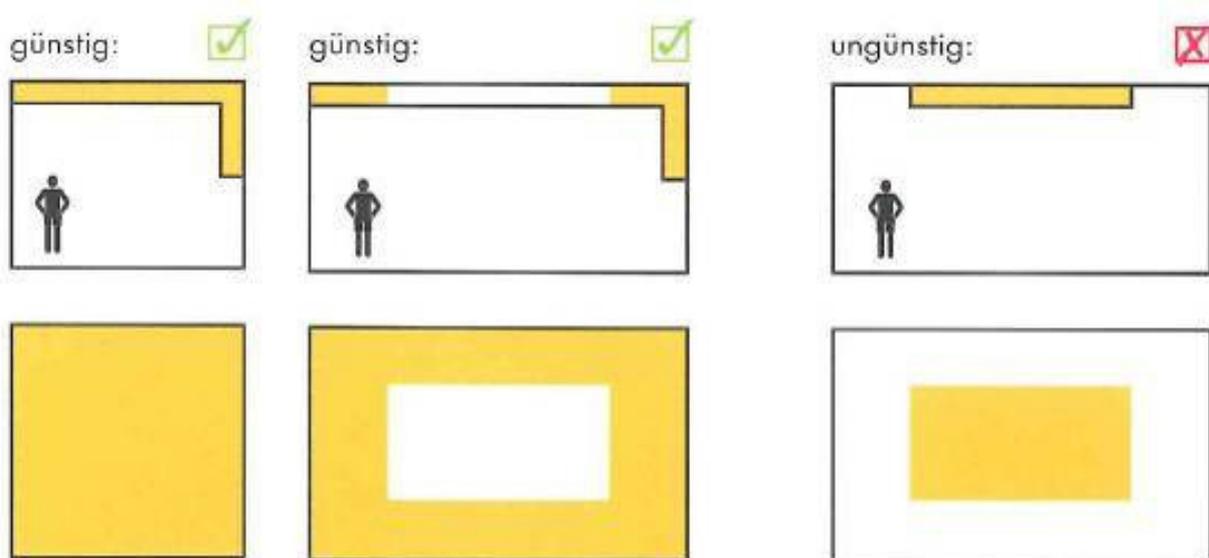
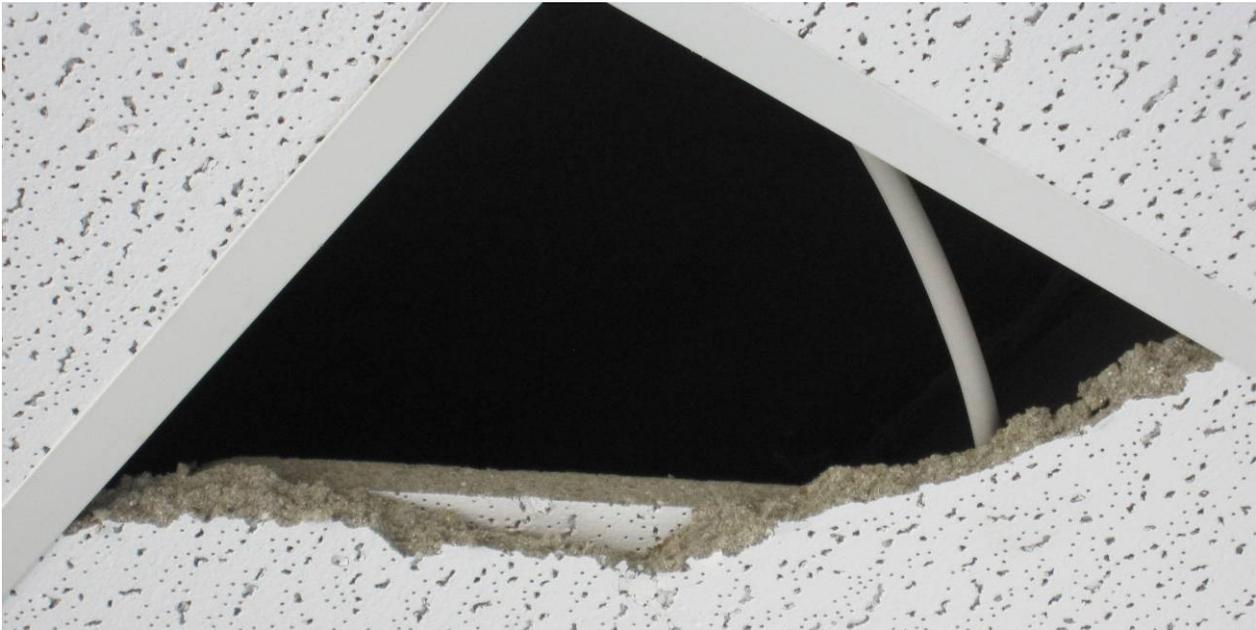


Abb. 25: Anbringensorte schallabsorbierender Verkleidungen in Klassenräumen nach DIN 18041

Der Raum in der Deckenmitte sollte insbesondere bei größeren (längeren) Räumen frei bleiben, um dem Sprechenden eine Rückkopplung zu geben bzw. über eine Reflexion an der Decke für eine bessere Sprachverständlichkeit im hinteren Raumbereich zu sorgen.



*Abb. 26: Akustikplatten mit Einbaurahmen und Hohlraum (zu Demozwecken hier offen dargestellt). Dieser Einbau mit Akustikplatten, eingelegt in einen abgehängten bis zur Seitenwand angebrachten Tragerahmen, hat sich bewährt, ist kostengünstig und gut.*

### **7.3 Materialien**

Bei der Auswahl von Materialien, die sich zur Verbesserung der Akustik eignen, sind insbesondere folgende Aspekte zu berücksichtigen:

1. Akustische Eigenschaften
2. Arbeits- und Gesundheitsschutz
3. Brandschutzanforderungen
4. Handhabbarkeit und Verarbeitung
5. Kosten

Schaumstoff erscheint für die Verarbeitung durch Laien besonders geeignet, da er aufgrund seines geringen Gewichtes ohne aufwändige Trägerkonstruktionen verbaut werden kann und mit einfachen Hilfsmitteln zu bearbeiten ist.

Es sei darauf hingewiesen, dass Wärmedämmstoffe mit geschlossener Oberflächenstruktur, wie sie zum Teil zur Wärmedämmung verwendet werden, nicht zwingend eine schallabsorbierende Wirkung haben.

Etwa die Hälfte der Deckenfläche eines Klassenraumes sollte mindestens belegt werden, wobei der Anbringungsort unter der Decke entscheidend ist (siehe Abb. 25).

Von zu geringen Dicken ist unbedingt abzuraten, da dann eine weitere Verschlechterung der Wirkung im Bereich tiefer Frequenzen zu erwarten ist.

Textile Bodenbeläge absorbieren den Schall i.d.R. lediglich bei hohen Frequenzen und reichen als alleinige akustische Maßnahme nicht aus.

### 7.4 Der Schallabsorptionsgrad

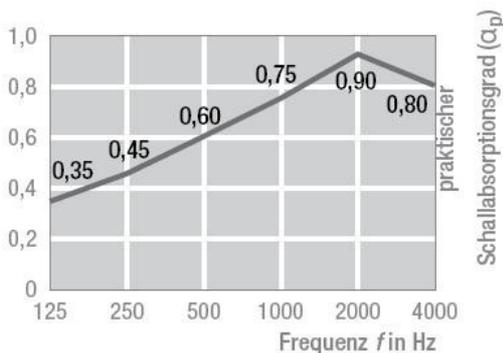
Die akustische Wirkung eines Materials (oder auch eines Gegenstandes) wird durch den Schallabsorptionsgrad ( $\alpha$ ), auch Schluckgrad genannt, beschrieben. Er gibt an, welcher Teil der auftreffenden Leistung von einer Fläche absorbiert, also aufgenommen, wird.

**0 (Null) bedeutet:** keine Absorption,

Beispiel: Betonwand, Fliesen

**1 bedeutet:** vollständige Absorption,

Beispiel: Wandoberflächen in einem Tonstudio



Der Schallabsorptionsgrad ist in hohem Maße frequenzabhängig und wird von Akustikplattenherstellern frequenzbezogen dargestellt.

Die nebenstehende Grafik kennzeichnet eine Akustikplatte, deren Hauptwirkung im Bereich um 2 kHz liegt.

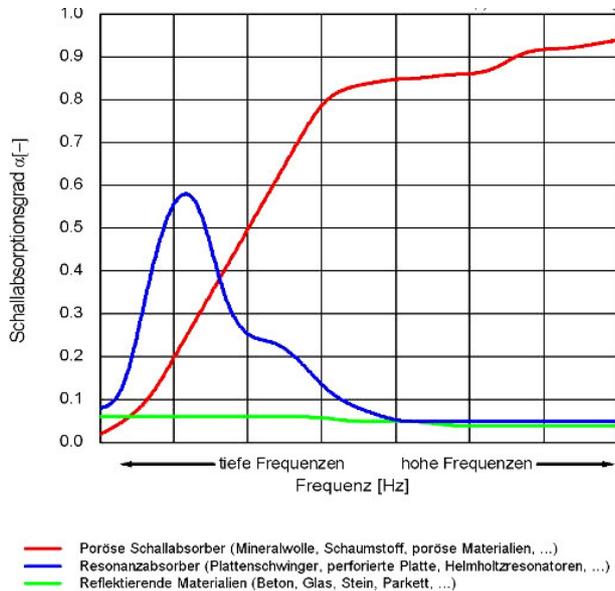
Abb. 27: Beispiel eines Plattenherstellers mit Angabe des Schallabsorptionsgrades  $\alpha_p$  (praktischer Schallabsorptionsgrad)

Bei der Auswahl des Absorbers (z. B. Akustikplatten) sollte nach Möglichkeit Material der Absorptionsklasse A ( $\alpha_w$  1,00-0,90), mindestens aber B ( $\alpha_w$  0,85-0,8) zum Einsatz kommen.

Die Plattenhersteller erstellen Datenblätter mit Kenndaten für den tief-, mittel- und hochfrequenten Schallabsorptionsgrad ( $\alpha$ ).

Bei akustischen Nachbesserungen werden den Schulen / den Kommunen frequenzbezogene Messungen im Vorfeld sowie nach Durchführung der Maßnahme dringend empfohlen.

## 7.5 Schallabsorber, porös oder schwingungsfähig



Auch wenn es eine Vielzahl von schallabsorbierenden Materialien gibt, so lassen sich diese auf zwei physikalische Wirkungsmechanismen zurückführen:

- **poröse Schallabsorber**
- **schwingungsfähige Schallabsorber.**

Abb. 28: Schallabsorptionsgrade verschiedener Materialien

Bei den porösen Absorbieren, z. B. Mineralfasern oder Schäume, dringt der auftreffende Schall in den Absorber ein. Die Schallenergie wird in den Poren des Materials durch Reibung in Wärmeenergie umgewandelt. Dadurch wird der vom Material reflektierte Schall verringert.

**Schwingungsfähige Schallabsorber**, auch **Resonanzabsorber** genannt, werden durch den auftreffenden Schall zum Schwingen angeregt, z. B. eine schwingende Holz- oder Metallplatte.

Die Schwingungsenergie wird in Wärmeenergie umgewandelt. Diese Resonanzabsorber, z.B.



**Helmholtzresonatoren**, werden in der Regel auf tiefe Frequenzen abgestimmt.

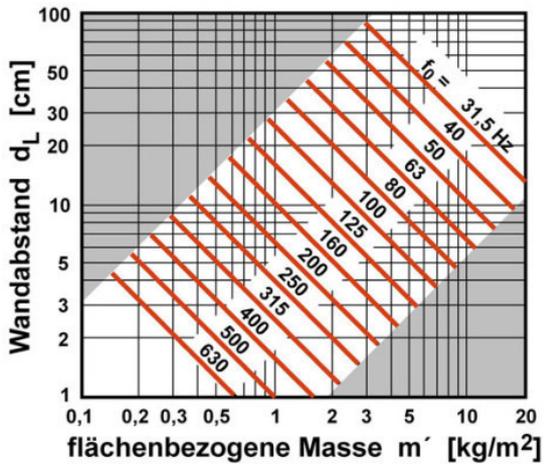
Helmholtzresonatoren bestehen aus einem Resonatorhals, der als Masse wirkt und dem Resonatorvolumen, das infolge der eingeschlossenen Luft die Feder des so gebildeten resonanzfähigen Feder-Masse-Systems darstellt.

Abb. 29: Helmholtzresonator von ca. 1900, benannt nach dem Erfinder **Hermann von Helmholtz**

Schallabsorber mit bevorzugter Wirkung im tieffrequenten Bereich sind in Raumecken oder -kanten besonders wirksam und auch dort problemlos als Einzelelemente nachzuintallieren. Der Eigenbau aus den Materialien Holz, Sperrholzplatten oder Gipskartonplatten ist möglich.

Berechnungen dieser Einzelabsorber, bestehend können der Internetseite [www.baunetzwissen.de](http://www.baunetzwissen.de) entnommen werden.

Für den Eigenbau derartiger Absorber ist es erforderlich, den zu absorbierenden Frequenzbereich, also z.B. unser Messergebnis, zu kennen.



Der Internetseite [www.baunetzwissen.de](http://www.baunetzwissen.de) kann z.B. nebenstehender Grafik in Abhängigkeit von der Materialstärke der Platte und der zu absorbierenden Frequenz der erforderliche Wandabstand entnommen werden.

Abb. 30: Berechnungsgrundlage für die Planung von Plattenabsorbern (Quelle: [www.baunetzwissen.de](http://www.baunetzwissen.de) )

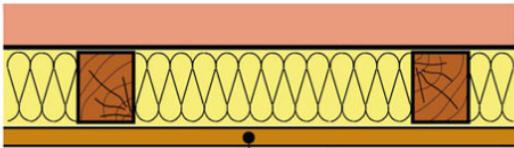


Abb. 31: Aufbau eines tieffrequenten Absorbers

## 7.6 Firmenbeispiele

Es gibt aber auch Institutionen wie das Informations-, Forschungs- und Lehrzentrum für technischen Innenausbau, Bauphysik und Raumakustik – [www.renz-solutions.de](http://www.renz-solutions.de), die im hiesigen Aufsichtsbezirk in Gladbeck Ausstellungs- und Schulungsräume betreiben, in denen die Wirkung derartiger Resonanzabsorber „erlebt“ werden kann. Die Institution arbeitet mit mehreren namhaften Herstellern zusammen, die die Erkenntnisse in Produkte umsetzen und auf dem Markt anbieten.



Abb. 32: Resonatoren als Deckenelemente,  
gelochte Oberfläche Quelle: [www.renz-systeme.de](http://www.renz-systeme.de)



Abb. 33: Resonatoren als Bildelemente  
Quelle: [www.renz-systeme.de](http://www.renz-systeme.de)

Vergleichbare Elemente bietet auch die Fa. Silence Solutions, Köln, [www.SilenceSolutions.de](http://www.SilenceSolutions.de) an. Alle Wand-, Decken- oder Einzelelemente können bei Neubauvorhaben aber auch frequenzselektiv bei Nachrüstungen verarbeitet werden.



Abb. 34: freistehender Resonator  
Quelle: [www.SilenceSolutions.de](http://www.SilenceSolutions.de)



Abb. 35: Neu gestaltetes Klassenzimmer mit Rockfon-Akustikdecke einschließlich Wandfriesen, die insbesondere im tieffrequenten Bereich wirksam sind. Quelle: [www.rockfon.de](http://www.rockfon.de)



Abb. 36: Plattenresonatoren im Wand- und Deckenbereich eines Konferenzraums  
Bildquelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik [www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)



Abb. 37: Schallabsorber in einem Kindergarten-Gruppenraum

Bildquelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik [www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

## 8. **Fazit**

Die Erfahrungen aus den stichprobenartigen Überprüfungen im Vorfeld des Projekts haben sich bei der Projektdurchführung bestätigt.

Nur wenige Schulleiter/Innen und noch weniger die kontaktierten Lehrer/Innen hatten sich mit der Problematik befasst. Zumindest konnten viele nicht den Zusammenhang zwischen Belastung und Stress im Unterricht und einer schlechten Raumakustik direkt herstellen. Diejenigen, die sich im Gespräch fachkompetent zeigten, waren offen für eine Ergebnisdiskussion, sahen aber aufgrund der desolaten Haushaltslagen der Schulträger kaum Möglichkeiten, Maßnahmen einzufordern.

Grundsätzlich gibt es eine Pflicht des Gebäudeerstellers oder Betreibers, in seinen Gebäuden Bau- und Raumakustik nach dem Stand der Technik zu realisieren (siehe Abschnitt 3, Rechtliche Betrachtung).

Selbsthilfefaktionen in Schulen sind aber auch schon lange nichts Außergewöhnliches mehr.

Eltern, Schüler, Lehrkräfte, die den Pausenhof gestalten, Spielgeräte bauen oder die Klassenzimmer streichen, sind vielerorts im Einsatz.

### **Hinweis:**

Werden diese Arbeiten offiziell im Auftrag der Schule durchgeführt, sind auch Eltern gesetzlich unfall-versichert, wenn Sie infolge der Tätigkeit einen Unfall erleiden.

Im Falle eines Falles ist der Unfall über die Schule der Unfallkasse/BG zu melden. Eine Anmeldung der Personen im Vorfeld einer solchen Aktion ist nicht erforderlich.

Verschiedene Unfallkassen und BGen haben sich bereits des Themas angenommen.

Im Internet ist gemeinsam mit der Unfallkasse Hessen unter dem Link [www.fluesterndesklassenzimmer.de](http://www.fluesterndesklassenzimmer.de) eine Maßnahme zur Reduzierung von Nachhallzeiten in Schulen publiziert.

Der in diesem Programm gewählte Informations- und Beratungsansatz mit Hinweis auf die gesetzlichen Vorgaben hat sich für die vorgefundene komplexe Problemlage als erforderlich und angemessen erwiesen. Es gab überwiegend positive Resonanz.

Wir gehen davon aus, dass trotz fehlender Geldmittel der Kommunen Denk- und Veränderungsprozesse angestoßen wurden und hoffen, dass sich über eine gewisse Multiplikatorenwirkung auch in anderen Schulen des Themas angenommen wird.

Mit einer Schule wurde bereits vereinbart, dass nach Umsetzung raumakustischer Maßnahmen eine Erfolgsmessung durchgeführt wird bzw. eine messtechnische Begleitung erfolgt.

Weitere Hilfe ist umfassend im Internet einzusehen. Wir verweisen auf

- <http://www.baunetzwissen.de>  
unter Schlagwort "Akustik" werden Informationen auch für den Bau von porösen Schallabsorbern sowie Platten- bzw. Helmholtzresonatoren gegeben
- [www.fluesterndesklassenzimmer.de](http://www.fluesterndesklassenzimmer.de)  
Die Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft, Kreisverband Darmstadt, und die Landesunfallkasse Hessen zeigen auf einer umfassend gestalteten Website die Umsetzung raumakustischer Maßnahmen in einer Schule
- die Webseiten
  - der **BAuA - Lärm und Akustik**,
  - der **Unfallkasse NRW** sowie
  - der **INQA (Initiative neuer Qualität der Arbeit)**

wo weitere Informationen angeboten werden.

**Anlage 1:** Muster eines Messprotokolls einer Schule

**Anlage 2:** Muster eines Raumbblatts

## Messprotokoll zur Nachhallzeitermittlung

<b>Messort</b>	XXXXXX XXXXX, XXX XXX Tel.: XXX		
<b>Messbericht-Nr.:</b>	05-07-2010		
<b>Bezug</b>	Vorbesprechung am 21.06.2010 mit Herrn XXX (Schulleiter)		
<b>Räumlichkeiten</b>	Räume im Schulgebäude		
<b>Ermittlung am</b>	20.07.2010	<b>durch</b>	Karl-Heinz Niehues (0251-411-5240) Heinz Blome (0251-411-5207)
<b>Gesprächspartner</b>	Herr XXX - Schulleiter		
<b>Ziel der Messungen</b>	Feststellung des Einflusses der Gebäudesubstanz einschließlich der fest eingebrachten Einrichtungen sowie der teilweise vorhandenen Akustikmaßnahmen auf die Nachhallzeit und somit auf die Hörsamkeit bzw. Sprachverständlichkeit in Aufenthaltsräumen der Schüler und Lehrer		
<b>Verwendete Software, Messgeräte und Zubehör</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIRAC 4.1 (Fa. Brüel &amp; Kjaer) - built 2619 Typ 7841</li> <li>• Schallpegelmesser Brüel &amp; Kjaer, Typ: 2250-L</li> <li>• Luftfeuchte- und Temperaturmessgerät</li> <li>• Akustischer Signalgeber (Eigenbau)</li> <li>• Maßband</li> </ul>		
<b>Messbedingungen</b>	Die Schallquelle befand sich bei allen Messungen mittig und 2,00 m von der Stirnwand (Lehrerseite) entfernt in 1,40 m Höhe. Die Messpunkte für den Schallaufnehmer lagen auf einem Messpfad in jeweils 1,50 m Abstand (zur Schallquelle und untereinander) in 1,40 m Höhe.		
<b>Mess- und Beurteilungsgrundlagen</b>	<b>DIN-EN ISO 3382</b> (Stand: März 2000) Akustik - Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter <b>DIN 18041</b> (Stand: Mai 2004) Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen		

# Bezirksregierung Münster

Dezernat 56 - Arbeitsschutz - Fachbereich 56.3 - chemische, biologische u. physikalische Einwirkungen

Datum: 17.09.2010

## Messorte

Raumbezeichnung	Klassenraum Raum E 12 (Gardinen offen)	Klassenraum Raum E 12 (Gardinen zu)	Klassenraum Raum E 13 (Gardinen offen)	Klassenraum Raum E 13 (Gardinen zu)	Klassenraum Raum U 41 (Gardinen offen)
Raumabmessungen	L - 9,90 m B - 6,80 m H - 3,40 m	L - 9,90 m B - 6,80 m H - 3,40 m	L - 9,90 m B - 6,80 m H - 3,40 m	L - 9,90 m B - 6,80 m H - 3,40 m	L - 9,10 m B - 7,30 m H - 2,70 m
Raumvolumen	229 m <sup>3</sup>	229 m <sup>3</sup>	229 m <sup>3</sup>	ca. 229 m <sup>3</sup>	179 m <sup>3</sup>
Nutzung	Unterricht	Unterricht	Unterricht	Unterricht	Unterricht
Wände	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk
Decke	Teilflächen mit Akustikplatten (gestrichen)	Teilflächen mit Akustikplatten (gestrichen)	Überwiegend Akustikmaterial	Überwiegend Akustikmaterial	Beton (gestrichen)
Fußboden	Kunststoffbelag	Kunststoffbelag	Kunststoffbelag	Kunststoffbelag	Steinboden
Raumtemperatur	26°C	26°C	26°C	26°C	23°C
rel. Luftfeuchte	60%	60%	62%	62%	70%
Schallaufnahme- punkte	4	4	4	4	4

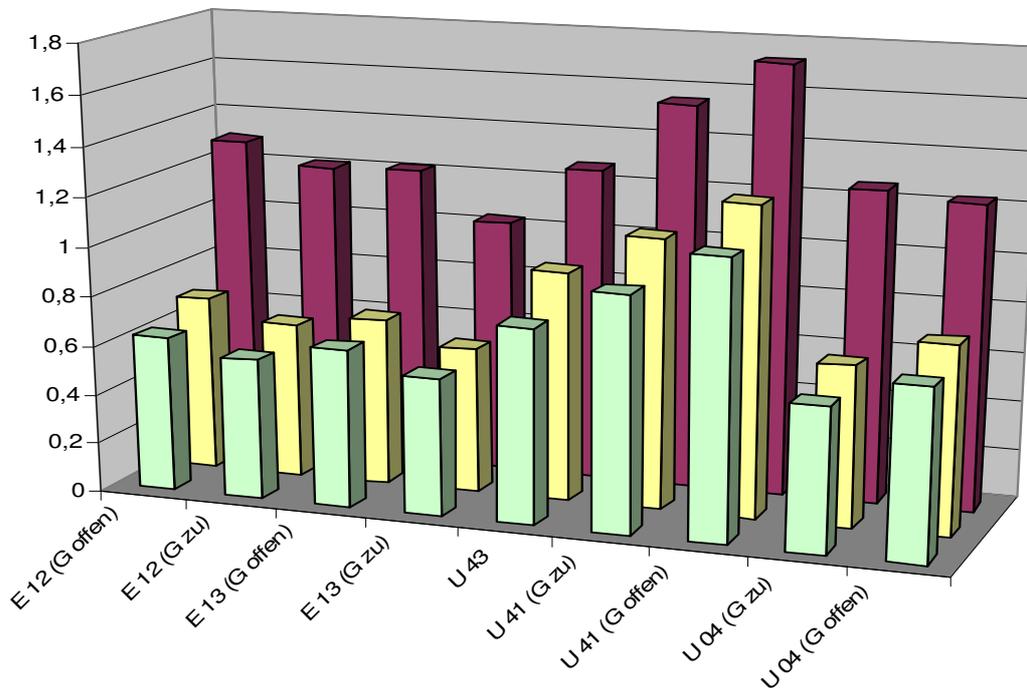
# Bezirksregierung Münster

Dezernat 56 - Arbeitsschutz - Fachbereich 56.3 - chemische, biologische u. physikalische Einwirkungen

Datum: 17.09.2010

Raumbezeichnung	Klassenraum Raum U 41 (Gardinen zu)	Klassenraum Raum U 43 (Keine Gardinen)	Klassenraum Raum U 04 (Gardinen offen)	Klassenraum Raum U 04 (Gardinen zu)
Raumabmessungen	L - 9,10 m B - 7,30 m H - 2,70 m	L - 10,00 m B - 6,90 m H - 2,75 m	L - 7,20 m B - 7,00 m H - 2,70 m	L - 7,20 m B - 7,00 m H - 2,70 m
Raumvolumen	179 m <sup>3</sup>	190 m <sup>3</sup>	136 m <sup>3</sup>	136 m <sup>3</sup>
Nutzung	Unterricht	Unterricht	Unterricht	Unterricht
Wände	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk	Mauerwerk
Decke	Beton (gestrichen)	Beton/Akustik (gestrichen)	Beton / ca. 50% Akustik- material	Beton / ca. 50% Akustik- material
Fußboden	Steinboden	Steinboden	Kunststoffbelag	Kunststoffbelag
Raumtemperatur	23°C	25°C	22°C	22°C
rel. Luftfeuchte	70%	65%	70%	70%
Schallaufnahme- punkte	4	4	3	3

## Zusammenfassung der Messergebnisse



**Grafik:** hoch- ■, mittel- ■ und tieffrequente ■ Werte aller Messungen

Im XXX wurden in 5 Klassenräumen raumakustische Messungen durchgeführt. In Räumen, in denen Gardinen vorhanden waren, wurden die Messungen in beiden Zuständen (Gardine auf und zu) durchgeführt.

Aufgrund der Raumgrößen liegt die nach DIN 18041 vorgegebene Sollzeit in allen Räumen zwischen 0,55 und 0,59 Sekunden (siehe raumbezogene Datenblätter). Die Messwerte in den Klassenräumen lagen im tiefrequenten Bereich durchgängig weit über diesen nach DIN 18041 empfohlenen Sollwerten ( $T_{\text{soll}}$ ).

Raumakustische Maßnahmen im tiefrequenten Bereich bedingen grundsätzlich einen Hohlraum über den installierten Akustikplatten im Deckenbereich, der in keinem der Räume, in denen raumakustische Maßnahmen angebracht waren, vorhanden war.

**Teppichböden und Gardinen** stellen für das allgemeine Wohlbefinden eine Bereicherung dar, akustisch zeigen sie, wie ermittelt, nur eine geringe Wirkung gegenüber Maßnahmen im Decken- und hinteren Wandbereich.

Die Qualität der vorhandenen Platten ist herstellereits wahrscheinlich nicht mehr erudierbar. Alternativ zur abgehängten Decke (Hohlraum) ist es auch möglich, Plattenabsorber, speziell für den tiefrequenten Bereich, an den Seitenwänden bzw. an der Rückwand anzubringen (siehe Anlage: „Planung von Plattenabsorber“).

# Bezirksregierung Münster

Dezernat 56 - Arbeitsschutz - Fachbereich 56.3 - chemische, biologische u. physikalische Einwirkungen

Datum: 17.09.2010

**Nach- /Verbesserungen** sind dort dringend zu empfehlen, wo durch geringfügige bauliche Maßnahmen wie

- Austausch der Akustikplatten gegen solche mit möglichst hohem Schallabsorptionsgrad ( $\alpha$ ), z. B. Absorptionsklasse A ( $\alpha_w$  1,00-0,90) mindestens aber B ( $\alpha_w$  0,85-0,80)
- Anbringung von Plattenabsorbern für den tieffrequenten Bereich

größere Wirkungen zu erzielen sind.

Messbericht erstellt durch:

\_\_\_\_\_

Heinz Blome

\_\_\_\_\_

Karl-Heinz Niehues

Coesfeld, im September 2010

Messergebnisse

# Klassenraum E 13

Raummaße: (LxBxH) 9,9 x 6,8 x 3,4

Raumvolumen: 229 m<sup>3</sup>

T<sub>soll</sub> (0,32 lg m<sup>3</sup> - 0,17) 0,59 s

Nutzungsart: Unterricht



Bild 1: geklebte Deckenplatten auf Beton

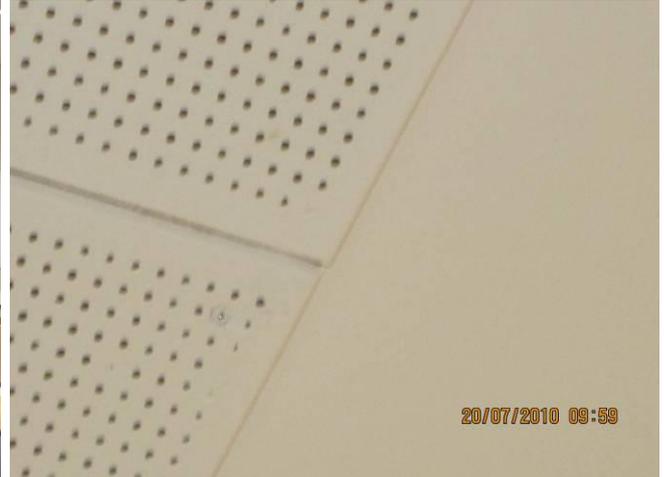


Bild 2: Struktur der Deckenplatten

**Anmerkungen:**

- Akustikdeckenplatten auf 2/3 Deckenfläche vorhanden ( $\alpha$ -Wert unbek.), kein Hohlraum.
- Keine weiteren Akustikmaßnahmen verwirklicht.

**Messergebnisse Gardine zu**

Frequenzbereich	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Messung 1	1,022	0,914	0,625	0,560	0,566	0,549
Messung 2	1,408	0,778	0,664	0,532	0,566	0,546
Messung 3	1,287	0,916	0,610	0,524	0,512	0,605
Messung 4	1,071	0,877	0,616	0,590	0,592	0,548
<b>Mittelwert</b>	<b>1,197</b>	<b>0,871</b>	<b>0,629</b>	<b>0,552</b>	<b>0,559</b>	<b>0,562</b>
T <sub>soll</sub> : 0,59 s	tieffrequenter Bereich 1,03 s		mittelfrequenter Bereich 0,59 s		hochfrequenter Bereich 0,56 s	

**Messergebnisse Gardine offen**

Frequenzbereich	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Messung 1	1,275	1,101	0,736	0,627	0,657	0,636
Messung 2	1,280	1,215	0,733	0,641	0,647	0,621
Messung 3	1,396	1,090	0,715	0,676	0,646	0,623
Messung 4	1,352	1,038	0,709	0,630	0,650	0,647
<b>Mittelwert</b>	<b>1,326</b>	<b>1,111</b>	<b>0,723</b>	<b>0,644</b>	<b>0,650</b>	<b>0,632</b>
T <sub>soll</sub> : 0,59 s	tieffrequenter Bereich 1,22 s		mittelfrequenter Bereich 0,68 s		hochfrequenter Bereich 0,64 s	