

EIN
FORSCHUNGS-
ÜBERBLICK

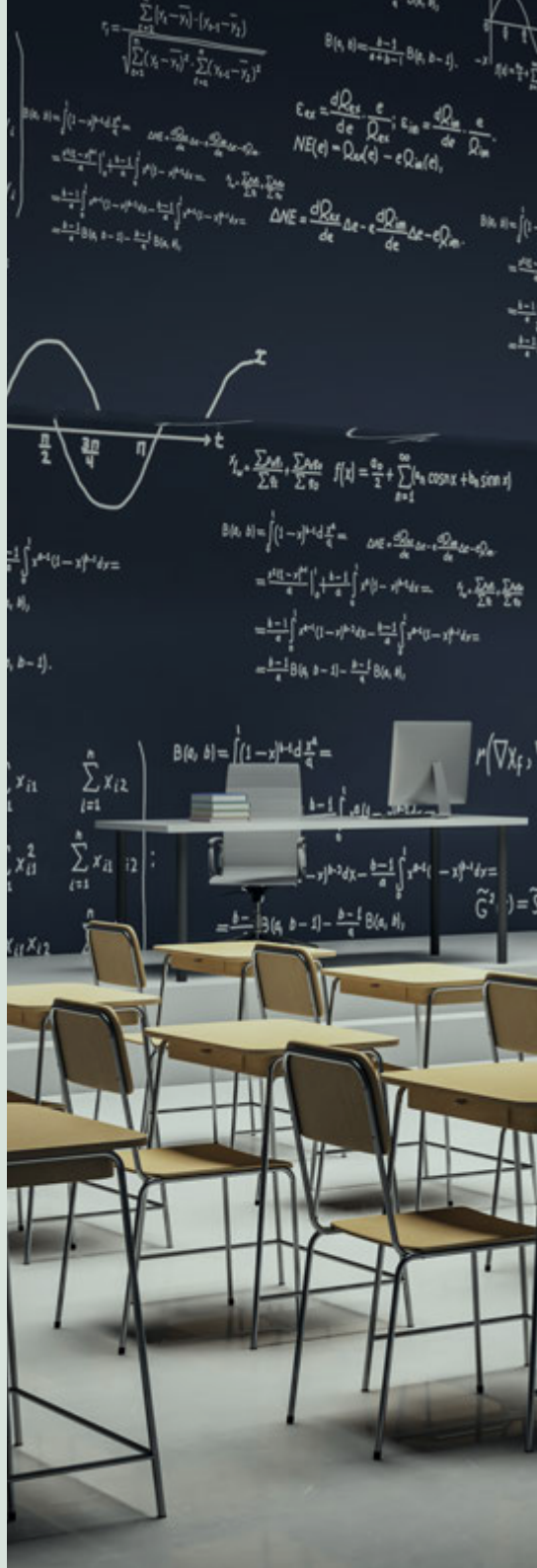
AUSWIRKUNGEN VON LÄRM IM BILDUNGSWESEN

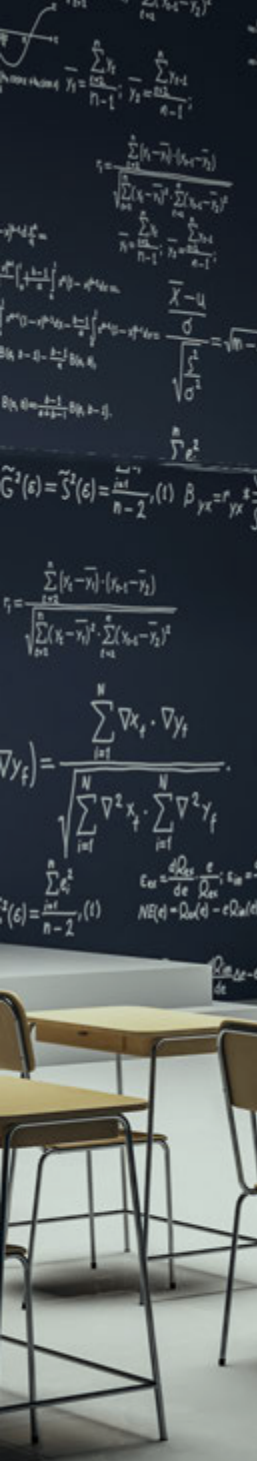


Ecophon
SAINT-GOBAIN

LÄRMAUS- WIRKUNGEN IM BILDUNGSWESEN

In Schulen können extrem hohe Geräuschpegel erreicht werden. Diese können sich negativ auf Lehrkräfte und Schüler:innen auswirken. Doch wie und in welchem Maße? Und was können wir tun, um Lernumgebungen so zu verbessern, dass sie die Wissensvermittlung tatsächlich erleichtern, anstatt sie zu erschweren?





Lesen Sie in diesem Überblick, welche Antworten die Forschung auf folgende Fragen liefert:

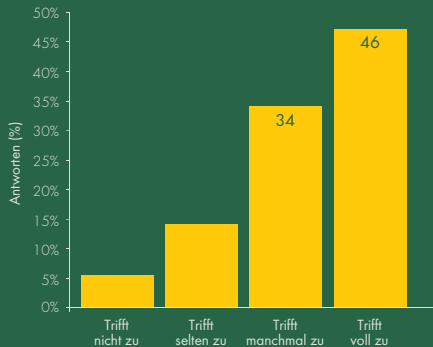
- Welche Geräuschpegel gelten als gesundheitlich unbedenklich und was haben diese mit den durchschnittlichen Lärmpegeln in heutigen Schulen zu tun?
- Was ist nötig, um günstige Schallpegel in Schulen sicherzustellen?
- Wie beeinträchtigt Lärm die Lernleistung und das Verhalten von Schüler:innen?
- Wie wirkt sich Lärm auf Lehrer:innen aus und welche physischen und psychischen Gesundheitsrisiken gehen damit einher?
- Welchen Effekt hat die Schallwahrnehmung auf die Konzentration und das Störungsempfinden von Lehrer:innen und Schüler:innen?
- Wie lässt sich die Raumakustik für inklusives Lernen optimieren?
- Welche Geräuschpegel herrschen in offenen Lernbereichen?
- Wieso trifft Lärm vor allem die Schwächsten?

Die Informationen für diesen Forschungsüberblick wurden durch eine umfassende Literaturschau von Professorin Bridget Shield zusammengetragen. Sie ist eine der führenden Forscher:innen auf dem Gebiet der Akustik.

AUSWIRKUNG VON LÄRM AUF LEHRKRÄFTE UND SCHÜLER:INNEN

Ein guter Unterricht ist bekanntlich der allerwichtigste Faktor für den Lernerfolg von Schüler:innen. Wir möchten Lehrer:innen helfen, noch effektiver zu unterrichten, und führen Belege dafür an, dass zu einer gesunden Umgebung auch eine gute Raumakustik gehört. Wir haben eine Reihe von Erkenntnissen zusammengetragen, die zeigen, wie wichtig es ist, ungünstige akustische Bedingungen für Lehrer:innen zu reduzieren:

80 % der Lehrer:innen fühlen sich durch Lärm im Klassenraum gestresst¹



- Über 65 % der befragten Lehrer:innen haben während ihrer Berufslaufbahn schon Probleme mit der Stimme gehabt²
- 32 % der Lehrer:innen gaben an, dass sie Probleme mit der Stimme gehabt haben, im Vergleich zu 1 % bei Nicht-Lehrer:innen³

Damit sich Schüler:innen in unseren im schnellen Wandel befindlichen Gesellschaften optimal entfalten können, müssen wir sie bei vielfältigen Aktivitäten unterstützen. Heutige Schüler:innen benötigen Kompetenzen für das 21. Jahrhundert wie Zusammenarbeit, Kommunikation, Kreativität und kritisches Denkvermögen. Diese Kompetenzen erfordern die aktive Mitwirkung von Schüler:innen in ihrem Lernprozess. Doch die vermehrte Kommunikation bringt auch zusätzliche Geräusche und Lärm in den Klassenraum. Damit kommt der Raumakustik eine noch wichtigere Rolle zu.

Bei guter Raumakustik:

- Stieg die Zahl der Kinder, deren Noten die staatlichen Zielvorgaben erreichten, um bis zu 13 %⁴
- Arbeiteten Schüler:innen inklusiver und besser zusammen⁵
- Sank der Schallpegel bei kollaborativer Gruppenarbeit um 13 dB
- Waren Schüler:innen konzentrierter und weniger müde

SCHALL- UND LÄRMPEGEL

EMPFEHLUNG VS. REALITÄT



Dezibel

Die Lautstärke wird in der Regel mit dem Wert Dezibel (dB)* angegeben. Bei Verdopplung der Schallenergie, z. B. indem die Anzahl von Lautsprechern in einem Raum verdoppelt wird, steigt der Schallpegel um 3 dB. Ein Anstieg des Schallpegels um 10 dB führt zu einer subjektiv wahrgenommenen Verdoppelung der Lautstärke.

Angemessene Geräuschpegel und Richtwerte für Schulen

Wissenschaftlich basierte Richtwerte weisen Werte für Klassenräume sowohl für den Normalhörende als auch für Zuhörer:innen mit besonderen Lern- und Hörbedürfnissen aus. Die maximalen Geräuschpegel, bei denen eine ausreichende Sprachverständlichkeit und eine gute Kommunikation gewährleistet sind, sind nachfolgend angegeben. Dazu gehören auch der Hintergrundgeräuschpegel

des leeren Raumes sowie die nötige Differenz, um Gesprochenes klar und deutlich zu verstehen.

- Umgebungsgeräuschpegel in leeren Räumen sollten maximal 30-35 dB betragen^{7,8}
- Für eine gute sprachliche Kommunikation muss eine klare Differenz durch ein Signal-Rausch-Abstand (SNR) von mindestens 15-20 dB bestehen⁹
- Die Nachhallzeit (RT) sollte in Lernumgebungen, in denen die verbale Kommunikation wichtig ist, bei etwa 0,5 Sekunden liegen (Akustiknormen für Klassenräume verschiedener nordischer Länder empfehlen einen Bereich von 0,3 bis 0,6 Sekunden)

Typische Schallpegel in Dezibel

Vierstrahliges Flugzeug in 100 m Entfernung	120 dB
Nieten von Stahlblech in 10 m Entfernung	105 dB
Druckluftbohrer in 10 m Entfernung	90 dB
Holzkreissäge in 10 m Entfernung	80 dB
Schwerlastverkehr in 10 m Entfernung	75 dB
Telefonklingeln in 10 m Entfernung	65 dB
Männerstimme, durchschnittlich, in 10 m Entfernung	50 dB
Flüstern in 10 m Entfernung	25 dB

*Wo in dieser Broschüre dB steht, bezieht sich dies auf dB(A)



DURCHSCHNITTliche GERÄUSCHPEGEL IN KLASSEN RÄUMEN

Lärm in Schulen wird insbesondere durch drei Faktoren beeinflusst:

- Externe Umgebungsgeräusche (Flugzeuge, Züge und Straßenverkehr)
- Durch Lernaktivitäten erzeugte Geräusche
- Maschinelle Geräuschquellen im Raum (Lüftung, Projektoren, Computer)

In einer Studie¹⁰ wurden die Geräuschpegel in hunderten Klassenräumen während des Unterrichts aufgezeichnet. Man fand heraus, dass die Lernergebnisse und das Verhalten von Schüler:innen in lauterer Klassenräumen schlechter waren.

**LÄRM IM
UNTERRICHT WIRKT
SICH AUF DIE
LERNLEISTUNG VON
SCHÜLER:INNEN
AUS:**

Wissenschaftliche Studien haben ergeben, dass in Klassenräumen mit hohen Geräuschpegeln Schüler:innen bei Leseaufgaben schlechter abschnitten als beim Lernen in Klassenräumen mit niedrigeren Geräuschpegeln. Dies legt nahe, dass sich durch Akustikmaßnahmen zur Lärminderung die Leseleistung von Kindern in vielen Schulen verbessern lässt¹⁰.

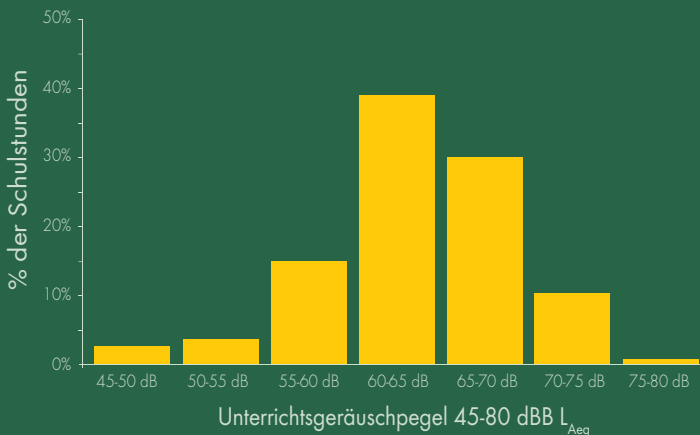
**ECHTE VERBESSE-
RUNGEN DURCH
GESETZLICHE
REGELUNGEN:**

Seitdem 2003 in England und Wales gesetzliche Vorgaben für die Akustik in Schulen in Kraft traten, hat sich die Zahl der Schulen mit für Schüler:innen optimaler Raumakustik verdoppelt. Dies zeigt, dass Schulen weltweit in hohem Maße von der Standardisierung und von gesetzlichen Regelungen im Hinblick auf Akustik profitieren¹⁰.

**AKUSTISCHE
BEDINGUNGEN
BESTIMMEN
VERSTEHEN UND
VERHALTEN:**

Die Zeit, die Schüler:innen brauchen, bis sie nach akustischen Störungen (z. B. Getuschel oder Geschrei) wieder bei der Sache sind, zeigt, dass hohe Geräuschpegel die Konzentrationsfähigkeit von Schüler:innen beeinträchtigen können^{4,10}. Erhöhte Pegel wurden auch mit schlechteren Ergebnissen bei Tests im Lesen, Rechtschreiben und ähnlichen Aufgaben in Verbindung gebracht⁴. Diese Auswirkungen sind bei Kindern mit besonderen Bildungsbedürfnissen sogar noch größer¹¹.

**Aufgezeichnete
Geräuschpegel
in 274
Schulstunden¹⁰**







EINE GUTE RAUMAKUSTIK

FÜR OPTIMALE VERBALE KOMMUNIKATION

Lärmquellen gibt es in Klassenräumen viele: von außen hereindringende Flug- und Straßenverkehrsgläusche, haustechnische Anlagen (Heizung, Beleuchtung, Lüftung), Technik (Projektoren, Computer) sowie Geräusche der Schüler:innen selbst.

Die Sprachverständlichkeit hängt sowohl vom Geräuschpegel als auch von der Raumakustik ab. Schall wird von Oberflächen im Raum, z. B. Wänden, Decken, Böden, Tischen und Tafeln, reflektiert und verstärkt. Bei zu vielen Schallreflexionen an harten und glatten Oberflächen kann die Sprachverständlichkeit deutlich reduziert und Störgeräuschpegel erhöht werden.

Die beste Akustik für verbale Kommunikation herzustellen, ist im Bildungswesen entscheidend. Damit alle Facetten der Kommunikation, vom Sprechen zum Hören und Zuhören, gleichermaßen erfasst sind, müssen die bauliche Konstruktion und das akustische Design aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden.

Schlüsselfaktoren für die adäquate Minderung von Lärm aus internen Quellen:

- Senkung der internen Geräuschpegel (z. B. von Anlagen und Aktivitäten)
- Verkürzung der Nachhallzeiten, um unerwünschte Schallreflexionen zu minimieren
- Optimierung der Sprachverständlichkeit durch kürzere Nachhallzeiten und ein höherer Signal-Rausch-Abstand (SNR)



Designlösungen zur Minderung externer Geräusche

Schalldämmung gegen externe Lärmquellen, minimale eindringende Geräusche von Haustechnik und aus anderen Räumen.



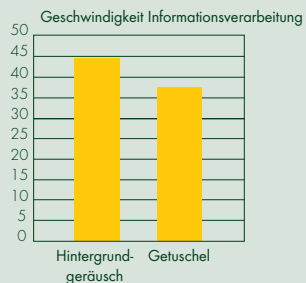
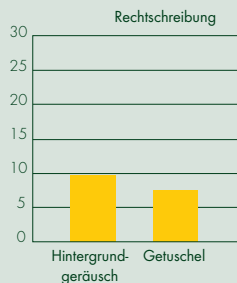
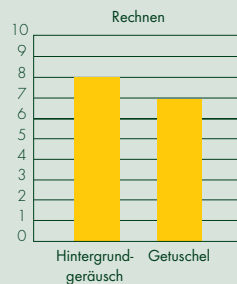
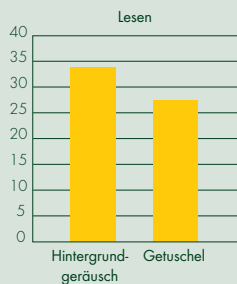
AUSWIRKUNGEN AUF DIE LERNLEISTUNG

Eine Studie⁴ verglich verschiedene Hintergrundgeräuschpegel, um zu prüfen, wie sich diese auf das Lernen auswirken. Als die Wissenschaftler:innen die Effekte „leiser“ und „normaler“ Hintergrundgeräuschpegel bei üblichen Unterrichtsaufgaben verglichen, stellten sie erhebliche Leistungsunterschiede fest.

Sie fanden heraus, dass Schüler:innen bei niedrigeren Geräuschpegeln Informationen schneller verarbeiten konnten und mit höherer Genauigkeit reagierten. Zudem zeigt die Studie, dass das Leseverständnis von Jugendlichen bei ungünstigen Geräuschpegeln im Klassenraum leidet. Auch Kinder, die schon Schwierigkeiten hatten, z.B. aufgrund von Erkältung oder Müdigkeit, waren durch Getuschel stärker beeinträchtigt.

Typisches Getuschel im Klassenraum mit durchschnittlich 65 dB hat beim Rechnen sowie bei mündlichen und kognitiven Aufgaben einen deutlichen störenden Effekt.

Auswirkungen von Getuschel auf die Leistung von Grundschüler:innen



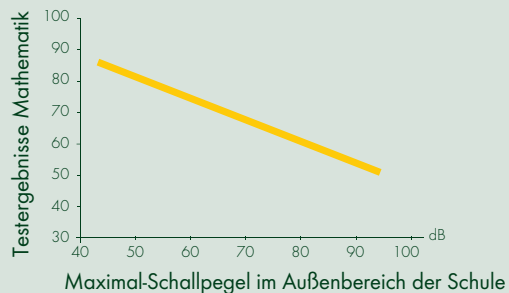
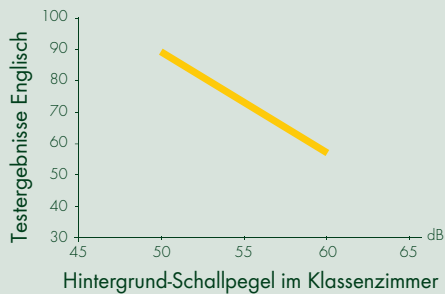
LÄRM STÖRT DIE SPRACHVERARBEITUNG

Die eben besprochene Studie⁴ zeigt auch den negativen Effekt von Lärm auf die akademischen Leistungen von Schüler:innen auf.

Darin wurden die Noten jüngerer Schüler:innen bei standardisierten Schulprüfungen mit den Hintergrundgeräuschpegeln im Klassenraum verglichen, und eine deutliche negative Korrelation zwischen Geräuschpegeln und Noten in mehreren Fächern wurde festgestellt.

Interessanterweise war die Prüfung mit der stärksten Korrelation mit dem Geräuschpegel die Sprachprüfung. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Hintergrundgeräusche im Klassenraum vor allem die allgemeine Sprachverarbeitung stören.

Bei höheren Geräuschpegeln erreichen Schüler:innen in zwei zentralen Fächern ganz klar niedrigere Noten, wobei der Effekt im Englischunterricht besonders dramatisch ist.



EINE GUTE RAUMAKUSTIK VERBESSERT DIE WORTERKENNUNG UM MEHR ALS 35 %

Forscher:innen haben die erstaunliche Erkenntnis gewonnen,⁶ dass der meiste Lärm in Klassenräumen nicht, wie angenommen, durch Verkehrslärm von Flugzeugen, Zügen oder Autos, sondern durch die Schüler:innen selbst bei ihren Lernaktivitäten verursacht wird.

Sie fanden auch heraus, dass bei Einbau einer höchst- absorbierenden Akustikdecke:

- Die Worterkennung der Schüler:innen sich um 35 % verbesserte
- Der wahrgenommene Lärmpegel um die Hälfte (10 dB) reduziert wurde

Lärminderung wirkt sich auf Körper und Verhalten aus

Als theoretischer Effekt des Einbaus einer höchst-
absorbierenden Akustikdecke wurde eine Reduzierung
des Geräuschpegels im leeren Klassenraum um 3 dB
angenommen. Die eigentliche Verbesserung ergab sich
jedoch aus dem geänderten Verhalten der Schüler:innen
und Lehrer:innen. Da nun jeder gehört und verstanden
werden konnte, ohne lauter zu sprechen, sprachen
Schüler:innen und Lehrer:innen sofort leiser, sogar
7 dB leiser, was eine Reduzierung um insgesamt 10 dB
bewirkte.

Besser für das Lernen in der Gruppe

Die Akustikmaßnahme senkte den Hintergrundgeräusch-
pegel, verkürzte die Nachhallzeit und erhöhte die
Sprachverständlichkeit, wodurch sich die Leistungen der
Schüler:innen bei Wortverständlichkeitstests verbesserten.
Die Verbesserung war besonders positiv, wenn viele
Schüler:innen gleichzeitig im Klassenraum redeten.

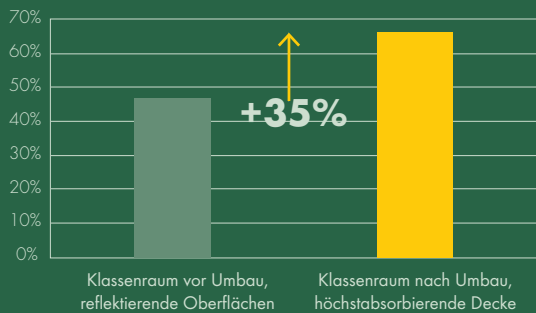




Das Lehrpersonal bemerkte einen enormen Unterschied nach dem Umbau. Die Lehrer:innen mussten nicht mehr so laut sprechen, im Klassenzimmer ist es deutlich leiser geworden und die Atmosphäre ist wesentlich entspannter. Wir haben uns alle gefreut.

SCHULLEITERIN CATHERINE DOUGLAS, BALGREEN-GRUNDSCHULE

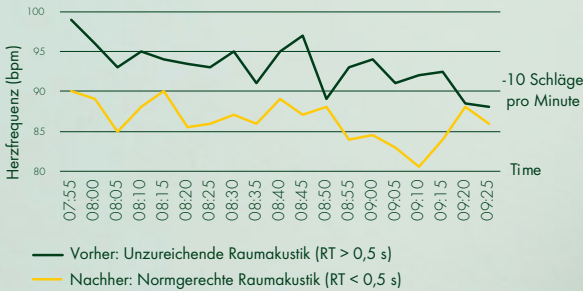
Prozentsatz korrekt erkannter Wörter



GUTE AKUSTIK SENKT DIE HERZFREQUENZ

Nachdem 80 % des Lehrpersonals unter lärmbedingtem Stress litten, untersuchten Wissenschaftler:innen die Frage, ob sich die Stressbelastung durch eine Optimierung der Raumakustik reduzieren ließe. Sie wollten auch herausfinden, wie genau sich Lärm im Klassenraum auf Lehrer:innen und Schüler:innen bei Lernaktivitäten auswirkt¹.

Ein Vergleich der Herzfrequenzen von Lehrer:innen bei schlechter vs. guter Raumakustik (mit Schallabsorption der Klasse A) ergab, dass nach der akustischen Optimierung die Herzfrequenzen um 10 Schläge pro Minute (bpm) langsamer waren.



Wie ist dies möglich?

In Klassenzimmern mit schlechter Akustik wird der Schall von den Decken und Wänden reflektiert. Diese Geräuschkulisse erschwert die Sprachverständlichkeit. Lehrkräfte und Schüler:innen müssen lauter sprechen und der Schallpegel schaukelt sich immer weiter hoch. Dies ist der sogenannte Lombard-Effekt¹⁵. Im Ergebnis nimmt oftmals die Stressbelastung im Verlauf der Stunde (oder des Tages) zu. (Siehe auch die auf Seite 20 beschriebene Studie zum Einfluss des Lombard-Effekts auf das Verhalten von Schüler:innen)



**Weniger Lärm + bessere
Sprachverständlichkeit = weniger Stress**

Akustisch optimierte Klassenräume stellen eine ruhigere Atmosphäre bereit, in der sich alle entspannter fühlen, und die Herzfrequenzen von Lehrer:innen sinken. Die Stressbelastung von Lehrer:innen ist in Klassenräumen mit einer guten Raumakustik wesentlich geringer.

*Die
Herzfrequenz
ist ein medizinisch
anerkannter
Stressindikator.*

DR. GERHART TIESLER

STIMMPROBLEME

STIMMPROBLEME ZEIGEN GESUNDHEITSGEFAHR FÜR LEHRER:INNEN AUF

Wieder und wieder wurde festgestellt, dass Lehrkräfte öfter als andere Berufsgruppen Stimmprobleme entwickeln.

Gefährdung der stimmlichen Gesundheit von Lehrer:innen

Anhand zahlreicher Studien zur stimmlichen Gesundheit von Lehrer:innen lässt sich sagen, dass Probleme im Zusammenhang mit der Stimme bei Lehrer:innen mindestens zwei Mal so häufig auftreten wie in anderen Berufen.

- Über 65 % der befragten Lehrer:innen haben während ihrer Berufslaufbahn schon Probleme mit der Stimme gehabt²
- Der Anteil von Lehrer:innen an Personen, bei denen Stimmprobleme diagnostiziert wurden, betrug 16,4 %, sie machten aber nur 2 % der getesteten berufstätigen Bevölkerung aus¹²
- 32 % der Lehrer:innen gaben an, dass sie Probleme mit der Stimme gehabt haben, im Vergleich zu 1 % bei Nicht-Lehrer:innen³



Lehrer:innen haben
mehr als zweimal
 so viele Fehltag(e) wie
 Arbeitnehmer:innen
 anderer Berufe.

FOLGEN VON STIMMPROBLEMEN

FÜR DAS BERUFSLEBEN VON LEHRER:INNEN

Diese groß angelegte Studie¹³ verglich stimmlich bedingte Arbeitsprobleme und Fehltag(e) am Arbeitsplatz unter 2.400 Angehörigen verschiedener Berufe im Verlauf eines Jahres. Die Ergebnisse belegen, dass Lehrer:innen mit höherer Wahrscheinlichkeit als andere Berufsgruppen ihre Aktivitäten am Arbeitsplatz einschränken und sich aufgrund von Problemen mit der Stimme krankschreiben lassen müssen.

Vergleich stimmlich bedingter Arbeitsprobleme im vergangenen Jahr unter Lehrer:innen und Nicht- Lehrer:innen

	Prävalenz (%)	
	Lehrer:innen	Nicht-Lehrer:innen
Eingeschränkte Aktivitäten an mindestens einem Tag	43	16
Mindestens ein Fehltag	18,3	7,2
Mehr als 5 Fehltag(e)	3	1,3
Mehr als 5 Tage lang keine normale Stimmfunktion	35	22
Eventueller Berufswechsel aufgrund von Stimmproblemen	2,0	0,78

LÄRMAUSWIRKUNGEN BEI SCHÜLER:INNEN AUF

KONZENTRATION UND VERHALTEN

Verbesserung der akustischen Bedingungen führt zu weniger dysfunktionalem Verhalten

Diese Studie¹⁴ untersuchte, ob es einen direkten Zusammenhang zwischen Änderungen des Geräuschpegels im Klassenraum und dem Schüler:innenverhalten gibt. Während fünf Vormittagsstunden nahm dysfunktionales Verhalten in Klassenräumen mit nicht normgerechter Akustik (RT 0,6 bis 0,75 s) zu, während es in Räumen mit guter Akustik (RT 0,4 bis 0,5 s) im Verlauf des Vormittags in etwa gleich blieb.

Lombard-Effekt¹⁵

Mit dem Fortschreiten des Schultages kommt es in Klassenräumen mit schlechter Akustik zu mehr dysfunktionalem und störendem Verhalten infolge des Anstiegs des Geräuschpegels¹⁵.

Akustische Optimierung verändert das Schüler:innenverhalten

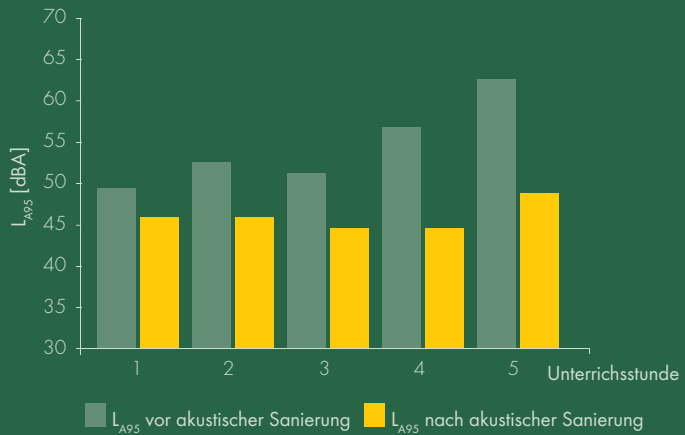
Eine schallabsorbierende Decke reduziert den Gesamtschallpegel im Klassenraum sowie den Lärm, der durch Aktivitäten entsteht, was sich sehr positiv auf das Verhalten von Schüler:innen auswirkt.

Müheloses Hören fördert besseres Verhalten

In dieser Studie wurde auch das „dysfunktionale Verhalten“ während Schulstunden beobachtet¹⁴. Dazu gehörten Unterbrechungen oder Störungen durch Aktivitäten, die nicht Teil des eigentlichen Unterrichts waren. Bei reduziertem Schallpegel ging auch dysfunktionales Verhalten zurück, wodurch die Konzentration der Schüler:innen im Unterricht zunahm.

Bei verbesserter Raumakustik blieb die Konzentration der Schüler:innen in allen Schulstunden gleich. Diese Konsistenz bei optimierter Raumakustik neutralisiert eine der Hauptquellen von Ermüdung und Stress im Klassenraum.

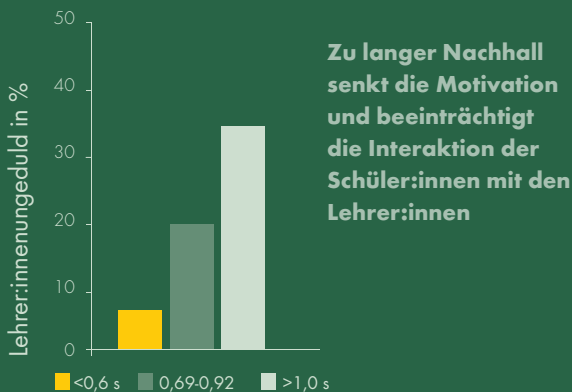
Anstieg des Aktivitätsgeräuschpegels (L_{A95}) vor und nach der Akustiksanie rung



SCHLECHTE AKUSTIK IST BELASTEND

Als Wissenschaftler:innen die Auswirkungen der Klassenraumakustik auf Schüler:innen und Lehrer:innen untersuchten, fanden sie bei beiden Gruppen eine direkte Korrelation zwischen Nachhallzeit und Störungsempfinden¹⁶.

Schüler:innen in halligeren Klassenräumen zeigten eine geringere Motivation und Interaktionsqualität gegenüber Mitschüler:innen und Lehrer:innen. (Typische Empfehlungen für die Klassenraumakustik geben eine Nachhallzeit von etwa 0,5 s an.)



Zusätzlich wurde den Eltern folgende Frage gestellt: „Leidet Ihr Kind unter dem Lärm seiner Klassenkamerad:innen in der Schule?“ Die Antworten der Eltern ergaben die geringste Belastung bei Kindern, in deren Unterrichtsräumen Maßnahmen zur Verkürzung der Nachhallzeit vorgenommen worden waren.

Klassenraumakustik (RT)	% Störungsempfinden
< 0,6 s	44 %
0,7-0,9 s	51 %
> 1,0 s	61 %

Bei kürzerer Nachhallzeit nimmt das Störungsempfinden der Kinder ab



GERÄUSCHQUELLEN

AKUSTISCHE BEDINGUNGEN UND SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT

Die Auswirkungen von Lärm und Nachhall auf die Verständlichkeit von Sprache in Klassenräumen sind ausgiebig untersucht worden. Sowohl objektive als auch subjektive Messungen lassen eine enorme Beeinträchtigung des Sprachverstehens erkennen.

Eine Methode, die Sprachverständlichkeit zu messen, ist der Sprachübertragungsindex (STI, Speech Transmission Index). Je höher der STI, desto besser die Qualität der Sprachübertragung für alle Schüler:innen.

Studien¹⁷ zeigen eine Korrelation der STI-Werte mit der Qualität der Sprachverständlichkeit* für alle Schüler:innen. Der Effekt ist jedoch bei jüngeren Kindern größer. Bestimmte Arten von Geräuschen wirken sich auch stärker auf den STI aus, z. B. hat Getuschel von Mitschüler:innen einen größeren Effekt als nicht-menschliche Geräusche wie eine Lüftung.

Dies belegt, wie wichtig akustische Verbesserungen sind, wenn es darum geht, die Auswirkungen von sprachbasiertem Lärm im Klassenraum zu mindern.

STI-Deskriptor	STI
Unverständlich - schwach	0,30
Schwach - angemessen	0,45
Angemessen - gut	0,60
Gut - ausgezeichnet	0,75

Der Sprachübertragungsindex (STI) gibt das Maß der Sprachverständlichkeit in einem Bereich von niedrig bis hoch als Wert von 0 bis 1 an

* Sprachverständlichkeit wird auch durch das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) beeinflusst, das die Differenz zwischen dem Signal (in diesem Fall Sprache) und den Hintergrundgeräuschen in einem Raum angibt.

SPRACHE MUSS DEUTLICH ZU HÖREN SEIN

GEGENÜBER DEN HINTERGRUNDGERÄUSCHEN

Damit das, was in einem Klassenraum gesagt wird, auch gehört und verstanden wird, braucht es eine gute Sprachverständlichkeit auf einem hörbaren Niveau. Das Gesprochene muss sich deutlich hörbar von den umgebenden Hintergrundgeräuschen abheben. Dies wird als Signal-Rausch-Abstand (SNR) bezeichnet.

Je jünger die Hörer:innen, desto größer muss der SNR sein, damit gesprochene Sprache deutlich gegenüber den Geräuschen gehört wird. Eine wichtige Studie⁹ hat ergeben, dass 15 dB als SNR bei älteren Kindern (11 Jahre) durchaus in Ordnung sind, dass aber jüngere Kinder (6 Jahre) ein SNR von bis zu 20 dB brauchen, um eine adäquate Sprachverständlichkeit zu erreichen.

Jüngere Schüler:innen brauchen einen größeren Signal-Rausch-Abstand (SNR), um Sprache gut zu hören

Alter	SNR, das 75 % benötigen, um eine Sprachverständlichkeit von 90 % zu erreichen
6-Jährige	+20 dB
8-Jährige	+18 dB
11-Jährige	+15 dB

Wissenschaftler:innen untersuchten außerdem das Sprachverstehen bei Hintergrundgeräuschen, um die maximal akzeptablen Geräuschpegel in Klassenräumen zu ermitteln. Sie fanden heraus, dass jüngere Kinder ein größeres SNR als ältere Kinder brauchen, um bei einem Hintergrundgeräuschpegel von 35 dB das gleiche Maß an Sprachverständlichkeit von 95 % zu erreichen.

RAUMAKUSTISCHE OPTIMIERUNG

LÄSST ALLE SCHÜLER:INNEN TEILHABEN

Wissenschaftler:innen haben untersucht, wie sich sukzessive Akustikmaßnahmen auf den Geräuschpegel im Klassenraum auswirkten, nachdem sie entsprechend den Empfehlungen für Kinder mit Schwerhörigkeit verstärkt wurden⁵. Sie fanden heraus, dass mit jeder Verstärkung, die die Akustik für Kinder mit besonderen Hörbedürfnissen verbesserte, sowohl Schüler:innen als auch Lehrer:innen leiser und ruhiger wurden.

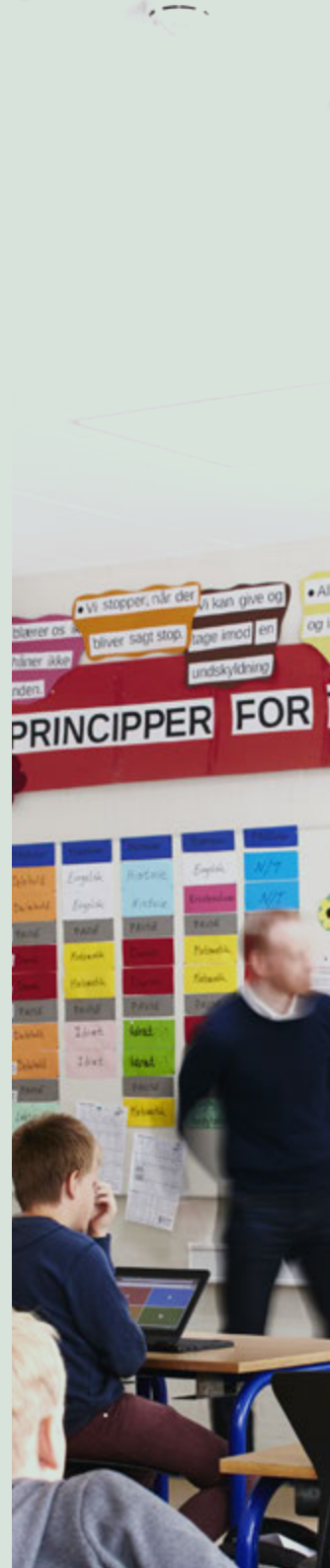
Durch die Umsetzung dieser Empfehlungen wurde also eine Raumakustik geschaffen, die nicht nur inklusiv wirkte, sondern Vorteile für alle im Raum brachte. Die Lernenden erzeugten weniger Lärm und Lehrkräfte mussten nicht mehr so laut sprechen und ihre Stimme nicht überanstrengen.

Verbesserungen durch optimale Raumakustik:

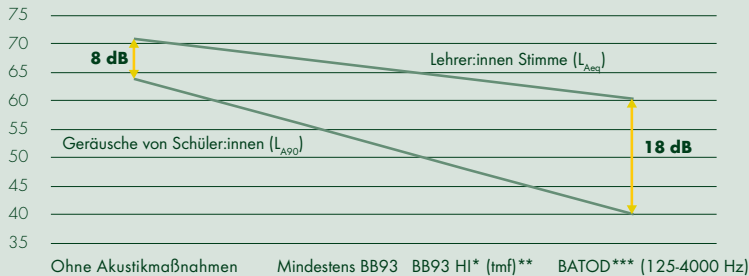
- Mehr Diskussionen und Gruppenarbeit im Unterricht
- Effektiveres Unterrichten und weniger Wiederholungen
- Reduzierter Stresspegel bei Lehrer:innen

Stärkere Schallabsorption senkt Grundgeräuschpegel bei Raumnutzung

Schallabsorbierende Decken senken den Gesamtschallpegel. Die zusätzliche Installation von Tieffrequenzabsorbern reduziert Hintergrundgeräusche und verbessert die Sprachverständlichkeit.



Schallpegel und der Signal-zu-Rausch-Abstand zeigten deutliche Verbesserungen



Theoretisch hätte der Schallpegel im Klassenraum durch diese Verbesserung der Raumakustik um 3 dB gesenkt werden sollen. Tatsächlich ergaben die Daten jedoch, dass Lehrer:innen nach der Akustiksanie rung mehr als 10 dB leiser sprechen konnte, da der durch die Schüler:innen erzeugte Grundgeräuschpegel viel niedriger war.

Zudem vergrößerte sich der Signal-Rausch-Abstand (SNR) zwischen der Lehrer:innenstimme und den Schüler:innengeräuschen um sehr vorteilhafte 10 dB (von 8 auf 18 dB). Damit konnte durch die Umsetzung der akustischen Empfehlungen das kritische SNR von 15-20 dB erreicht werden,

um ideale Hörbedingungen für Schüler:innen mit Schwerhörigkeit sowie für jüngere Kinder auch bei Hintergrundgeräuschen zu schaffen¹⁷.

Durch verbesserte Akustikmaßnahmen wurde das SNR gesteigert und die Schüler:innen hatten weniger Mühe, ihre Lehrer:innen zu hören, die wiederum ihre Stimme weniger anstrengen mussten und weniger Stress hatten.

Klassenräume, in denen Akustikmaßnahmen der höchsten Leistungsstufe (u. a. mit zusätzlicher Tieffrequenzabsorption) ausgeführt wurden, wurden anschließend durchgängig als am besten für Sprechen und Hören eingestuft.

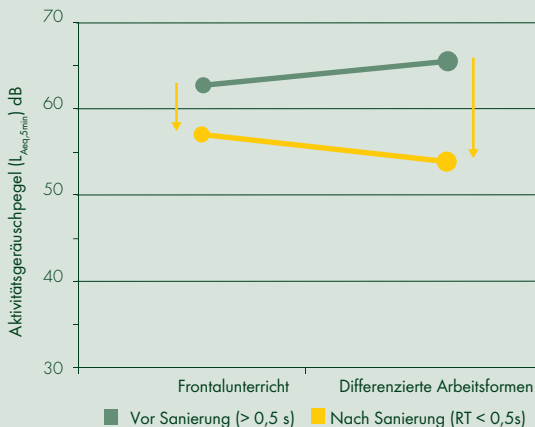
OPTIMIERTE RAUMAKUSTIK FÖRDERT

KOLLABORATIVE GRUPPENARBEIT

Im Rahmen einer Studie¹⁴ in Deutschland wurden Klassenräume mit unterschiedlicher Raumakustik verglichen. Dabei zeigte sich eine deutliche Reduzierung der Geräuschpegel im Vergleich, wenn die Klassenräume belegt waren und die Schüler:innen verschiedenen Lernaktivitäten nachgingen. Die Schallpegel im akustisch optimierten Raum waren wesentlich niedriger bei kürzerer Nachhallzeit, was folgende Vorteile brachte:

- kollaborative Gruppenarbeit, da Lernaktivitäten nun mit sehr viel niedrigerem Lärmpegel möglich waren
- leiseres, stimmschonendes Sprechen der Lehrer:innen
- weniger Arbeitsbelastung dank Lärminderung

Aktivitätsgeräuschpegel vor (grün) und nach (gelb) dem Umbau: in den akustisch optimierten Räumen waren die Schallpegel 6 dB niedriger bei traditionellem Unterricht und 13 dB niedriger bei Gruppenarbeit



Ein akustisch optimierter Raum bringt besonders für die Gruppenarbeit Vorteile, da mehrere Personen gleichzeitig sprechen können, jedoch leiser und ohne sich stimmlich überbieten zu müssen.

Der Anwender bezahlt für 3 dB Lärminderung und bekommt 10 dB kostenlos dazu!

DR. G. TIESLER

OFFENE LERNBEREICHE

Wissenschaftler:innen haben die Geräuschpegel in vier Arten von Vorschulen mit verschiedenen Raumkonzepten verglichen: einer mit geschlossenen Räumen und drei mit offenen Lernbereichen unterschiedlicher Größen¹⁹.

Störende Geräusche wurden bei leisen Aktivitäten (Lesen der gesamten Klasse) und bei lauten Aktivitäten (Gruppenarbeit) in allen Klassenräumen gemessen. Die störenden Geräuschpegel nahmen mit der Klassenraumgröße und der Anzahl der Klassengruppen zu, sowohl bei angrenzenden leisen Aktivitäten als auch lauten Aktivitäten.



Je weiter Zuhörer:innen in offenen Lernbereichen von Sprecher:innen entfernt sind, desto größer die Zahl der von ihnen gegebenen falschen Antworten.

Auch wenn umgebende offene Klassen mit leisen Aktivitäten beschäftigt waren, wurden Kinder im hinteren Bereich der großen, offenen Klassenräume durch höhere Geräuschpegel beeinträchtigt. Das Diagramm oben zeigt, dass in einem ruhigen, geschlossenen Klassenraum, wenn keine Ablenkungen und Störungen von außen eindringen, auch im hinteren Bereich noch gut gehört wird.

In offenen Lernbereichen trägt ein weiterer Faktor zur Verschlechterung der Sprachverständlichkeit bei, nämlich dass die Zuhörer:innen oft weiter von Sprecher:innen entfernt sind. Eine Möglichkeit, um die Sprachverständlichkeit auch in offenen Lernbereichen hoch zu halten, könnte darin bestehen, die Zuhörer:innen näher bei den Sprecher:innen zu platzieren. Dadurch werden Ablenkungen durch eindringende Geräusche aus benachbarten Räumen und Lernergruppen reduziert.

REAKTIONEN AUF LÄRM IN OFFENEN LERNBEREICHEN

In einer umfangreichen Studienauswertung²⁰ kommen die Autor:innen zu dem Schluss, dass die Schallpegel bei Aktivitäten in offenen Lernbereichen nicht eindeutig höher als in geschlossenen Klassenräumen sind.

Trotz der verbreiteten Auffassung, dass in offenen Lernbereichen höhere Geräuschpegel herrschen, scheinen diese in geschlossenen Klassenräumen recht ähnlich zu sein.

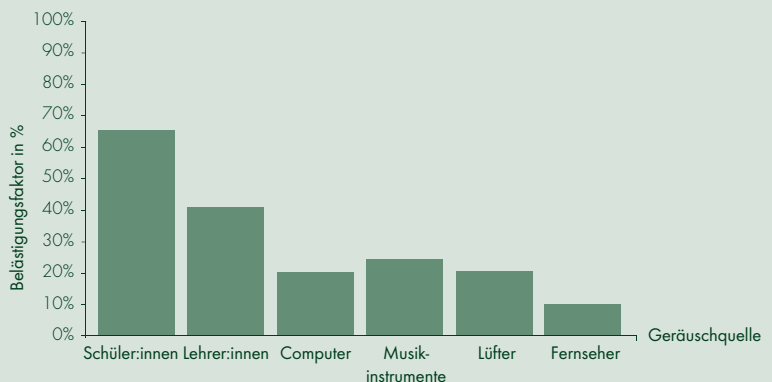


In einigen Fällen waren die Pegel in offenen Lernumgebungen höher, doch in anderen Fällen waren sie auch niedriger. Dies ist wahrscheinlich auf kürzere Nachhallzeiten durch verstärkte Schallabsorption und/oder entsprechendes Klassenraummanagement zurückzuführen.

Dennoch werden Geräusche anderer Schüler:innen außerhalb des Klassenraums häufig als Quelle von Lärmbelästigung und Störungen in offenen Lernbereichen in Grund- und Sekundarschulen genannt. Kinder, die in offenen Lernbereichen unterrichtet werden, hören oftmals nicht für sie Bestimmtes und damit Irrelevantes mit. Gesprochenes aus benachbarten Unterrichtsbereichen wird in Studien zu Schulen mit offenem Raumkonzept als häufigste Form der Störung genannt²¹.

Auf die Frage, welche Geräusche sie in offenen Lernbereichen als am störendsten empfinden, nannten 65 % der befragten Schüler:innen Mitschüler:innen aus anderen Klassen, gefolgt von Lehrer:innen aus anderen Klassenräumen.

Störende Geräusche in offenen Grundschulklassen



DIE SCHWÄCHSTEN LEIDEN AM MEISTEN

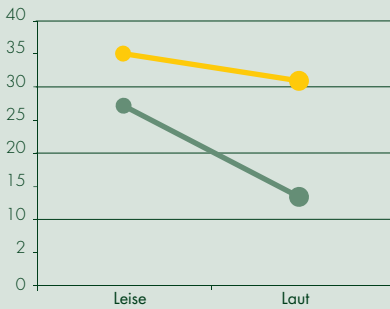
In jeder Klasse gibt es Kinder, mit besonderen Bildungsbedürfnissen ("Special Educational Needs" SEN), die ihre Fähigkeit, Sprache zu hören und mit Lärm umzugehen, mindern. Dazu gehören nicht nur Schüler:innen mit Schwerhörigkeit, sondern auch jene mit Aufmerksamkeitsstörungen und Kinder, die eine zweite Sprache lernen. Interessanterweise sind alle betroffen, die nicht optimal in Form sind, z. B. bei Schlafmangel oder Abgeschlagenheit.

Eine Hörminderung verstärkt das Stressrisiko und die Ermüdungsgefahr und verlangt mehr Anstrengung beim Zuhören, wodurch das Lernvermögen des Kindes in lauten Umgebungen und damit auch seine Leistung gefährdet sein kann.

Um dies näher zu erforschen, verglichen Wissenschaftler:innen die Leistungen von Grundschüler:innen mit und ohne SEN bei einer Reihe von Aufgaben, u. a. Lese- und Schreibfähigkeit und Verarbeitungsgeschwindigkeit⁴. Die Aufgaben wurden bei leisen Bedingungen als auch bei Tuschelgeräuschen mit einer Lautstärke von 65 dB gelöst.

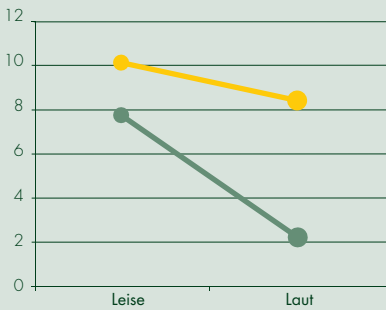
Die Ergebnisse zeigten, dass die Auswirkungen bei Kindern mit SEN am negativsten waren, besonders bei Getuschel. Außerdem fielen die Testergebnisse der Lerner:innen mit SEN stark ab, wenn die Umgebung lauter wurde, Lerner:innen waren hingegen viel weniger betroffen.

Rechtschreibergebnisse unter leisen und lauten Bedingungen



■ Typische Schüler:innen ■ SEN-Schüler:innen (besondere Hörbedürfnisse)

Leseergebnisse unter leisen und lauten Bedingungen



■ Typische Schüler:innen ■ SEN-Schüler:innen (besondere Hörbedürfnisse)



NORMEN FÜR DIE RAUMAKUSTIK BEI SCHÜLER:INNEN MIT HÖRMINDERUNG

SETZEN DEN MASSSTAB FÜR INKLUSION

Schüler:innen mit besonderen Hörbedürfnissen/SEN haben es bei schlechter Raumakustik besonders schwer, gehen aber häufig auf normale Schulen, die nicht entsprechend optimiert sind. Es werden daher Inklusionsstrategien und Empfehlungen ausgearbeitet, um sie beim Lernen in diesen Umgebungen zu unterstützen.

Zur Gruppe der Schüler:innen mit besonderen Hörbedürfnissen gehören Kinder mit Schwerhörigkeit und kognitiven Problemen, aber auch jene, die nicht in ihrer Muttersprache unterrichtet werden. Auch Kinder auf dem autistischen Spektrum sind gefährdet und zeigen bei zunehmendem Umgebungslärm ein vermehrtes Auftreten von störendem Verhalten²².

Umfassende Auflistung von Umständen, die zu besonderen Hörbedürfnissen führen:

- Permanenter sensorineuraler/konduktiver Hörverlust
- Vorübergehender konduktiver Hörverlust (aufgrund von Erkältungen, Ohrentzündungen etc.)
- Sprech-, Sprach- und Kommunikationsschwierigkeiten
- Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS)
- Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS)
- Autismus-Spektrum-Störungen (ASS)
- Erlernen einer zusätzlichen Sprache

Inklusive Lernumgebungen müssen Schüler:innen eine besonders hohe Sprachverständlichkeit bieten. Normen, die die Bedeutung der Nachhalleindämmung im tieffrequenten Bereich für empfindliche Zuhörer:innen anerkennen, leisten genau das.

Alle Empfehlungen für Schüler:innen mit besonderen Hörbedürfnissen bringen auch für Schüler:innen und Lehrer:innen ohne diese Bedürfnisse Vorteile, denn sie sorgen für eine bessere Raumakustik für alle im Raum.

Neben den genannten SEN-Gruppen muss auch an jüngere

Kinder im Klassenraum gedacht werden, deren Gehör sich noch in der Entwicklung befindet. Sie brauchen einen größeren Signal-Rausch-Abstand (SNR), um die Stimme der Lehrer:innen gegenüber den Hintergrundgeräuschen gut zu hören^{9,18}. Und genau das wird durch die Umsetzung dieser Empfehlungen erreicht⁵.

Nachfolgend sind die Werte für Lärm und Nachhall in SEN-Klassenräumen aus britischen Normen (BB93⁷ & BATOD⁸) aufgeführt

Akustische Kriterien – besondere Hörbedürfnisse	BB93 (2015)* BATOD**	
	Neubau	Renovierung
Grundgeräuschpegel*	≤ 30 dBA	≤ 35 dBA
Nachhallzeit*	≤ 0,4 s, durchschn. in den Oktavbändern 125 Hz bis 4000 Hz	
Signal-Rausch-Abstand**	> 20 dB, 125 Hz bis 750 Hz	
	> 15 dB, 750 Hz bis 4000 Hz	



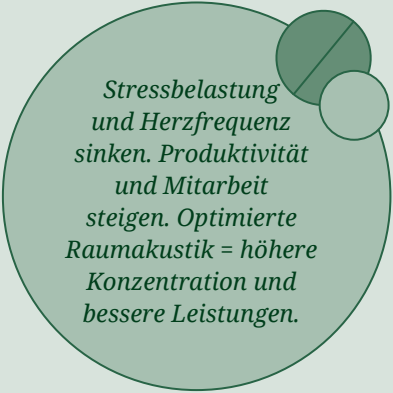


RESÜMEE

Um geeignete Arbeits- und Lernumgebungen nutzen zu können, die die Entwicklung von Bildung fördern – auch von Kompetenzen für das 21. Jahrhundert – ist eine gute Raumakustik das A und O.

Mit diesem Forschungsüberblick stellen wir dringend benötigte Erkenntnisse bereit und zeigen auf, welche positiven Effekte die raumakustische Optimierung hat. Wir sind überzeugt, dass Akustik der Schlüsselfaktor ist, wenn es darum geht, die Gesundheit von Lehrer:innen und Schüler:innen insgesamt sowie ihr Wohlbefinden während Unterricht und Lernaktivitäten sicherzustellen. Eine gute Akustik kann entscheidende Aspekte einer positiven Kultur im Bildungswesen fördern. Das Ergebnis ist mehr Beteiligung und Mitwirkung für alle.

In Schulen mit guter konstruktiver Akustik ist die Kommunikation für alle leichter. Die Praxis der Vermittlung von Wissen und Ideen wird hier zur produktiveren Erfahrung. Stellen Sie sich vor, welchen exponentiellen Effekt es hätte, wenn Lehrer:innen sich auf das Unterrichten konzentrieren könnten, anstatt gegen Lärm und Störungen vorgehen zu müssen, und wenn sich Schüler:innen länger und eingehender in das Lernen vertiefen könnten.



*Stressbelastung
und Herzfrequenz
sinken. Produktivität
und Mitarbeit
steigen. Optimierte
Raumakustik = höhere
Konzentration und
bessere Leistungen.*

Aussagen von Lehrer:innen aus Studien^{5,14} zu akustischen Optimierungen belegen:

- Eine deutliche Verbesserung der Arbeitsbedingungen von Lehrkräften und Schüler:innen durch eine leisere und ruhigere Raumakustik
- Ein besseres Verhalten im Klassenraum und besseres Verstehen
- Niedrigere Stresspegel bei Lehrer:innen, besonders bei denen mit weniger Erfahrung
- Schüler:innen mit Hörbeeinträchtigung beteiligen sich in gleicherem Maße am Unterricht

Um einen näheren Einblick in die Bedeutung der Akustik in Bildungsumgebungen zu gewinnen, besuchen Sie auch den Blog von Ecophon „Acoustic Bulletin“ unter www.acousticbulletin.com. Dort beschäftigen wir uns ausführlicher mit Studien, Normen und Fragestellungen, die für das Bildungswesen relevant sind.

LITERATURVERWEISE, DURCHNUMMERIERT. NACH AUTOR:IN(NEN), TITEL, DATUM:

1. Schönwälder, H.-G., Berndt, J., Ströver, F., Tiesler, G. Professional stress and strain in teachers (in German), Schriftenreihe der BAuA, Fb 989, NW-Verlag, Bremerhaven, Germany. 2003.
2. Comins, D. Survey of UK voice clinics 2001/2. Voice Care Network UK. 2002.
3. Smith, E., Lemke, J., Taylor, M., Kirchner, H. L., & Hoffman, H. Frequency of voice problems among teachers and other occupations. *Journal of voice*, 12(4), 480-488. 1998.
4. Shield, B M., and J E. Dockrell. "The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children." *The Journal of the Acoustical Society of America* 123(1). 2008.
5. Canning & James. The Essex study –Optimising classroom acoustics for all. 2012.
6. McKenzie & Airey. Classroom acoustics, a research project – Summary report. 1999.
7. Department for Education. Building Bulletin 93 - Acoustic design of schools: performance standards. Education Funding Agency, London, 2015
8. British Association of Teachers of the Deaf (2001) Classroom acoustics - recommended standards. BATOD Magazine, January 2001.
9. Bradley, J. S., & Sato, H. The intelligibility of speech in elementary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4), 2078-2086. 2008.
10. Shield, B., Conetta, R., Dockrell, J., Connolly, D., Cox, T., & Mydlarz, C. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(1), 177-188. 2015.
11. Shield, B., Connolly, D., Dockrell, J., Cox, T., Mydlarz, C., & Conetta, R. The impact of classroom noise on reading comprehension of secondary school pupils. In *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 40, 236-244. 2018.
12. Smith, E., Gray, S. D., Dove, H., Kirchner, L., & Heras, H. Frequency and effects of teachers' voice problems. *Journal of voice*, 11(1), 81-87. 1997.
13. Roy, N., Merrill, R.M., Thibeault, S. Parsa, R. A., Gray, S. D., & Smith, E. M. Voice disorders in teachers and the general population: effects on work performance, attendance, and future career choices. *Journal of Speech, Lang and Hearing Research*, 47. 2004.
14. Tiesler, G. Communication Behaviour and Workload of Students and Teachers in Highly Absorbent Classrooms. In *Proceedings of Euronoise*. 2018.
15. Brumm, H., & Zollinger, S. A. The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research. *Behaviour*, 148(11-13), 1173-1198. 2011.
16. Klatte, M., Hellbrück, J., Seidel, J., & Leistner, P. Effects of Classroom Acoustics on Performance and Well-Being in Elementary School Children. 2009.
17. Astolfi, A., Bottalico, P., & Barbato, G. Subjective and objective speech intelligibility investigations in primary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1), 247-257. 2012.
18. Yang, W., & Bradley, J. S. Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(2), 922-933. 2009.
19. Mealings, K. T., Demuth, K., Buchholz, J. M., & Dillon, H. The effect of different open plan and enclosed classroom acoustic conditions on speech perception in Kindergarten children. 2015.
20. Shield, B., Greenland, E., & Dockrell, J. Noise in open plan classrooms in primary schools: A review. *Noise and Health*, 12(49), 225. 2010
21. Greenland, E. E. (2009). *Acoustics of open plan classrooms in primary schools* (Doctoral dissertation, London South Bank University). 2009.
22. Kanakri, S. M., Shepley, M., Tassinary, L. G., Varni, J. W., & Fawaz, H. M. Observational study of acoustics design and repetitive behaviors on children with autism. 2017.

Ecophon ist der führende Anbieter von Akustiklösungen, die Arbeitsleistung, Wohlbefinden und Lebensqualität maßgeblich verbessern. Wir sind überzeugt, dass guter Klang für unser alltägliches Leben wichtig ist, und setzen uns mit Leidenschaft für eine hochwertige Raumakustik ein, die das menschliche Wohlbefinden fördert – an jedem Ort, bei jeder Aktivität, nach jedem Bedürfnis.

„A sound effect on people“ ist unser Leitprinzip bei allem, was wir tun. Wir sind stolz auf unsere schwedischen Wurzeln und den menschlich ausgerichteten Ansatz, der diesem Prinzip zugrunde liegt. Bei unserem Einsatz für eine transparente nachhaltige Praxis machen wir keine Kompromisse, und als Teil der Saint-Gobain Gruppe leisten wir unseren Beitrag, um die Welt zu einem noch besseren Zuhause zu machen.



Ecophon
SAINT-GOBAIN