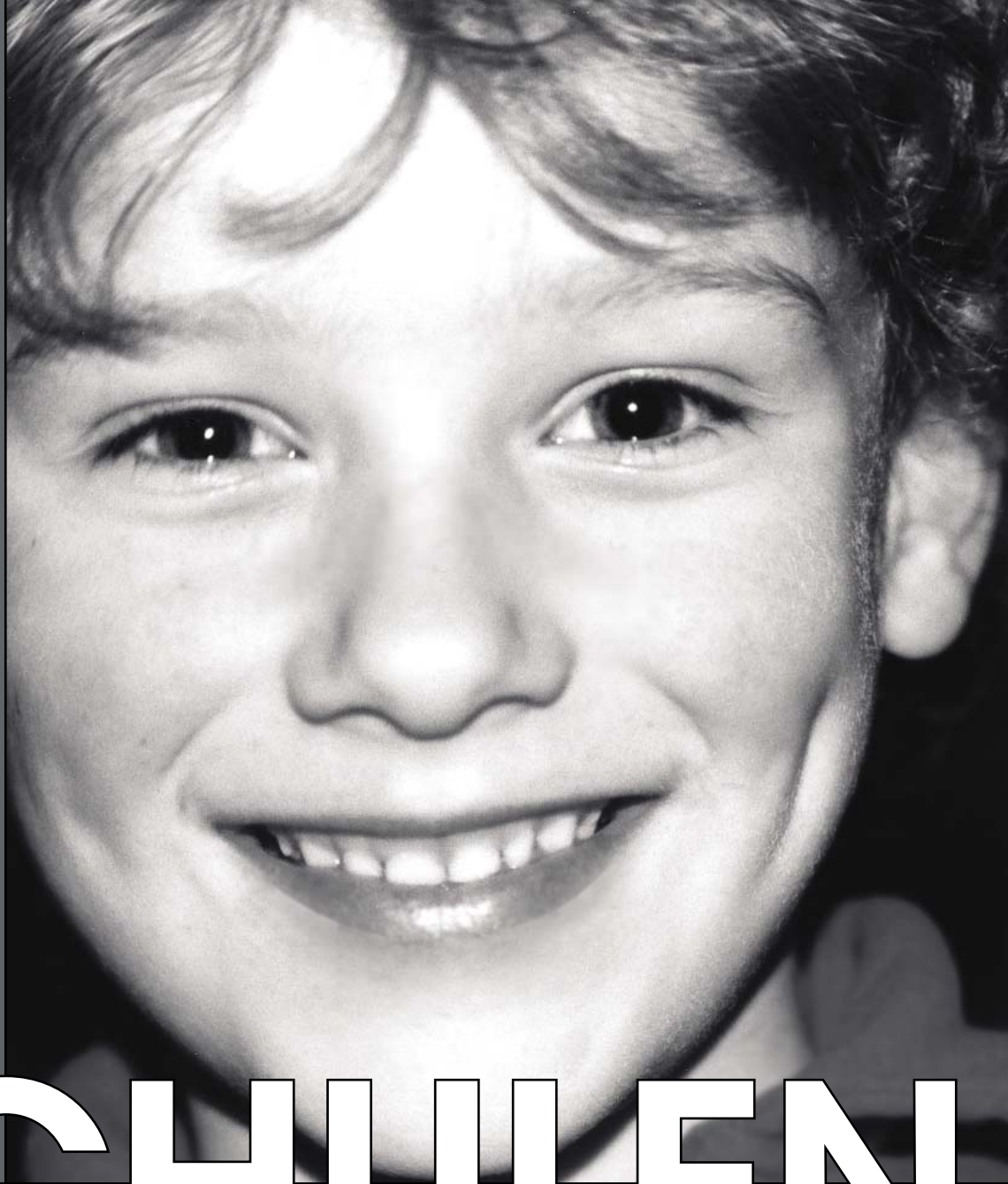




DECKE LICHT RAUM



SCHULEN

by durlum & **INTERESSENGEMEINSCHAFT**
ZUR FÖRDERUNG OPTIMALER LERNBEDINGUNGEN

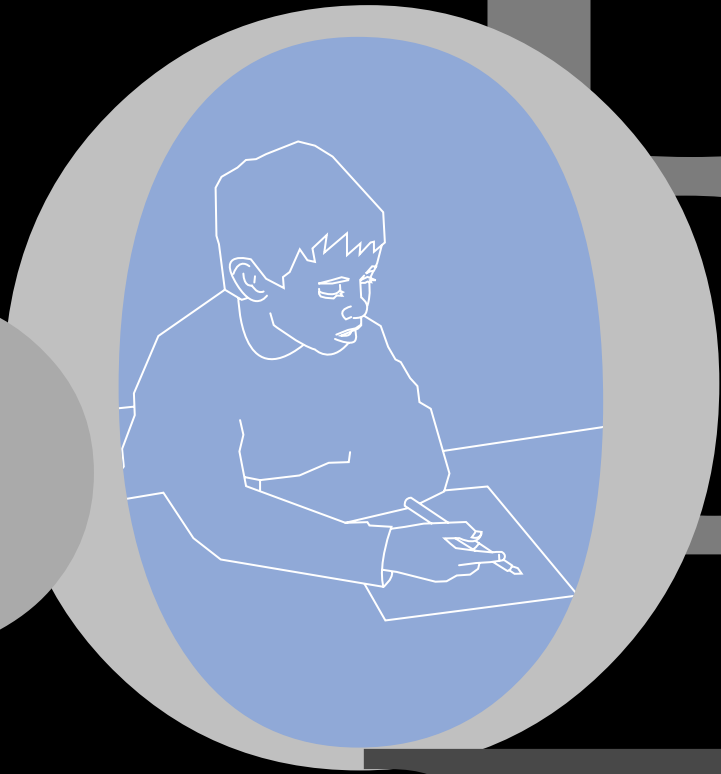
Schulen sind die **Visitenkarten** der Moderne

In den Medien wird immer wieder diskutiert, warum Schüler und Schülerinnen an deutschen Schulen bei internationalen Leistungsvergleichen schlecht abschneiden. Sind die Lehrer und Lehrerinnen überfordert und nicht kompetent genug? Hat das Schulsystem versagt? Wird der Lehrstoff den heutigen Anforderungen nicht gerecht? Liegt es an den Schülern? Ist die Beeinflussung durch die Werbung schuld?



Zwei Fragen finden nur geringe mediale Resonanz: Ist der Lebensraum Schule überhaupt optimal auf die Bedürfnisse des Lehrkörpers und der Schülerschaft abgestimmt? Werden technische Möglichkeiten, über die wir heute verfügen, bestmöglich eingesetzt? Dies kann technisch unter Berücksichtigung der audiometrischen und visuellen Wahrnehmung geprüft werden. Der Decken- und Leuchtenhersteller durlum hat sich zum Ziel gesetzt, in Zusammenarbeit mit der **Interessengemeinschaft zur Förderung optimaler Lernbedingungen** die räumlichen Bedingungen zu schaffen, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad beim Lehren und Lernen zu erzielen.

PROBING THE MIND



Folgende Bereiche, durch welche die Lernumgebung optimiert werden kann, sind Fachgebiet der durlum-Leuchten GmbH: die Raumakustik und die Beleuchtung.

RAUMAKUSTIK

Die akustische Qualität eines Unterrichtsraumes hängt von seiner Anordnung im Gebäude, von der Schalldämmung der Decken, Wände und Böden, von dem Geräusch haustechnischer Anlagen, von der Raumform und -größe [Primärstruktur] und von der Beschaffenheit der Raumbegrenzungen und Einrichtungsgegenstände [Sekundärstruktur] ab. All diese Faktoren haben Einfluss auf die Sprachverständlichkeit, welche sich anhand physikalischer Parameter objektiv messen lässt.

Die Sprachverständlichkeit wird in erster Linie durch die Nachhallzeit – das ist die Zeitspanne, während der der Schalldruckpegel in einem geschlossenen Raum nach Ausschalten der Schallquelle um 60dB abfällt – beeinflusst. Eng damit verbunden ist die Schallabsorption. Sie ist definiert als „Entzug von Schallenergie aus einem Raum oder Raumbereich durch Umwandlung in eine andere Energieform [z.B. Wärme: „Dissipation“] oder Austritt des Schalls aus dem betrachteten Bereich [„Transmission“].“¹ Die DIN 18041:2004-05 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ gibt Empfehlungen zur optimalen Nachhallzeit.

Die ideale Nachhallzeit ist abhängig vom Raumvolumen und der primären Nutzungsart eines Raumes [Tabelle 1].

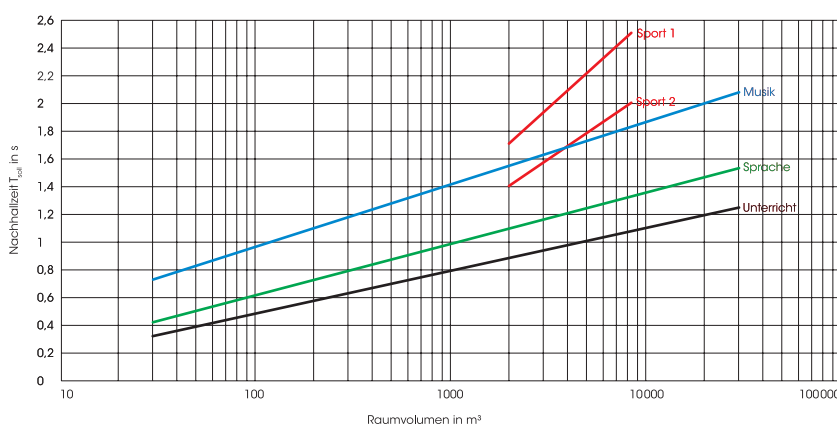


Tabelle 1: Sollwert $T_{0.5}$ der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten [nach DIN 18041:2004-05]

Es ist verständlich, dass Klassenräume, Musikräume, Funktionsräume, wie z.B. Werkstätten und Küchen, Aufenthaltsräume, Flure, Speiseräume, Sporthallen [DIN 18032-1] etc. unterschiedliche Sollwerte in der Nachhallzeit haben.

Wir konzentrieren uns in dem vorliegenden Prospekt auf Klassenräume, deren Nutzungsschwerpunkt im Bereich der sprachlichen Kommunikation liegt.



„Mehr als 30% von allen Kindern und Jugendlichen haben temporäre oder bereits dauerhafte Hörschäden.“

Die Mehrzahl der Unterrichtsräume hat ein Raumvolumen von 200-400m³. Hier sollte die Nachhallzeit von 0,5-0,6s nicht überschritten werden, wenn der Raum zu 80% besetzt ist. Messungen haben ergeben, dass in der Realität die Nachhallzeit im für die Sprache wichtigen Frequenzbereich 250-2000Hz deutlich über den empfohlenen Werten liegt.

Im tieffrequenten Bereich zwischen 50-200Hz traten Werte von 3s auf [Tabelle 2]. Dadurch werden beim Sprechen die nachfolgenden Silben von den vorhergehenden überlagert, was u.a. die Klangfarbe verfälscht. Je weiter Sprecher und Hörer voneinander entfernt sind, desto schwerer sind die Gespräche zu verstehen. Nebengeräusche, wie das Rükken von Stühlen, husten und blättern, bleiben zu lange im Raum hängen und beeinträchtigen die Sprachverständlichkeit zusätzlich, weil sie den Grundgeräuschpegel erhöhen, und somit der Mittelungspegel im Klassenzimmer auf 70-77dB(A) ansteigt. Bedenkt man, dass eine Dauerbelastung von über 65dB zu Störungen des vegetativen Nervensystems führt, und dass die Arbeitsstättenverordnung für Arbeitsplätze mit überwiegend geistiger Tätigkeit einen Mittelungspegel von 55dB(A) vorschreibt, dann sind die Ergebnisse erschreckend.

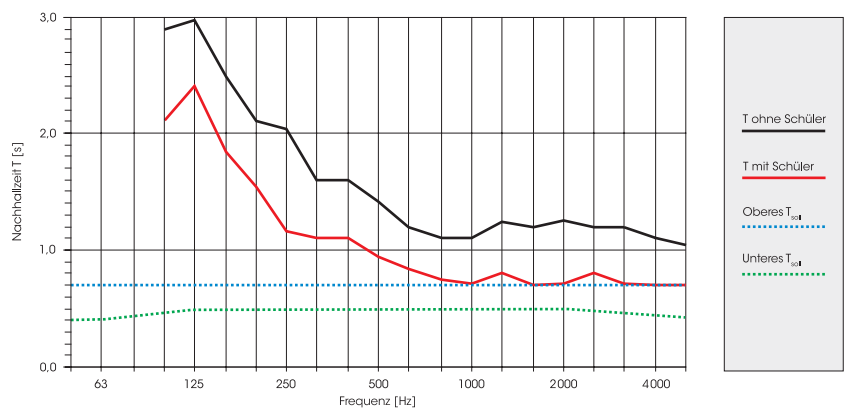


Tabelle 2: Nachhallzeiten in typischen, nicht sanierten Klassenräumen

Noch gravierender ist die Situation in Turnhallen. Hier sind Lehrer und Schüler Schallpegeln zwischen 90-100dB(A) ausgesetzt.² Dies entspricht in etwa dem Lärm in Discotheken oder einer Motorsäge. An industriellen Arbeitsplätzen ist bei diesem Schallpegel Gehörschutz vorgeschrieben!

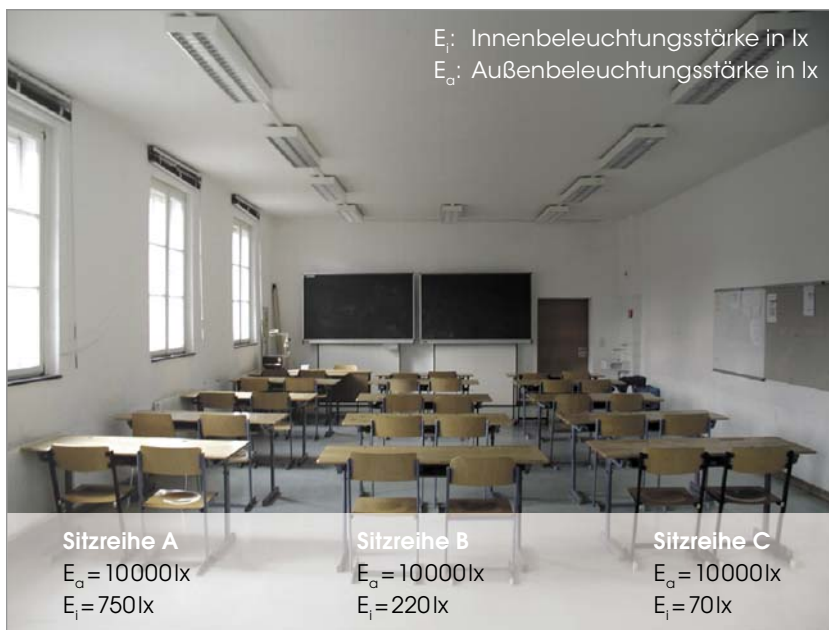
Es ist nicht verwunderlich, dass Lehrer und Lehrerinnen einen hohen Krankheitsstand haben, bis hin zu Frühpensionierungen aufgrund physischer und psychischer Störungen. Schlechte Hörbedingungen führen zu einer hohen Stimmbeanspruchung des Lehrkörpers. Die Kommunikation wird kürzer und einfacher, der Tonfall wird monoton und es wird langsamer gesprochen. Die Anzahl der Unterrichtsunterbrechungen durch Fragen und Disziplinierungsmaßnahmen nimmt zu. Die Konzentration ist bei Lehrern und Schülern viel stärker gefordert, was zu schneller Ermüdung führt. Die Folge ist, dass die Schüler „abschalten“ und der Lernerfolg beeinträchtigt wird, weil das Gesprochene schwer oder gar nicht verständlich ist.

Auch visuell dargebotene Information kann bei mangelhafter Akustik nur unzureichend verarbeitet werden. Besonders kritisch ist die Situation in Grundschulen, wo der Spracherwerb noch nicht abgeschlossen ist, oder

bei Kindern, die Deutsch nicht als Muttersprache haben. Noch weitere Personengruppen sind stark von schlechter Akustik betroffen – die hörgeschädigten Schüler und Schülerinnen, Personen mit Sprachstörungen, Konzentrations- und Aufmerksamkeitsdefiziten.

BELEUCHTUNG

Neben den raumakustischen Mängeln an vielen Schulen stellt sich die Frage, inwiefern sich unzureichende Beleuchtung auf das Lehren und Lernen auswirkt. Eine wichtige Frage, wenn man bedenkt, dass ca. 80% der Informationen visuell aufgenommen werden. Das Standardklassenzim-



mer hat eine Fensterseite und ansonsten geschlossene Wände. Je weiter man also vom Fenster entfernt sitzt, desto weniger Tageslicht erreicht den Schüler [s. Grafik]. Diesen Mangel versucht man normalerweise mit künstlichem Licht auszugleichen. Da aber Menschen, die intensiv diesem Licht ausgesetzt sind, oft unter vorzeitiger Ermüdung, Kopfschmerzen, Energielosigkeit, Stresssymptomen und trockenen Augen leiden, ist es offensichtlich, dass Helligkeit allein kein Maßstab für eine gute Lichtqualität ist. Deshalb ist man seit Jahren bemüht, mit dem künstlichen Licht der Qualität des Sonnenlichts so nahe wie möglich zu kommen. Optimal ist es, mit Tageslichtlenkung das Tageslicht selbst einzusetzen.

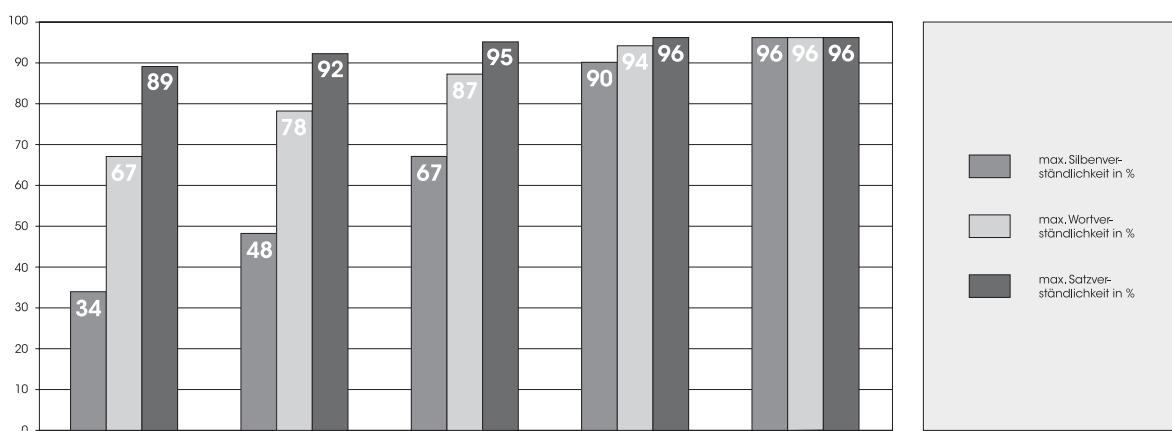
Interessanterweise schlägt sich das Wissen um ideale Beleuchtung nur bedingt in Beleuchtungskonzepten für Schulen nieder, und man ignoriert, dass die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit der Schüler und Lehrer bei unzureichender Beleuchtung leidet. Um dies zu verhindern, sollte die Beleuchtung im Raum qualitativ und quantitativ möglichst den Eigenschaften des Außenlichts entsprechen.



¹ DIN [Hrsg.], 2004, S. 7.

² Dauerbelastung über 90dB(A) führt zu Gehörschäden.

ABHÄNGIGKEIT DER WORT- UND SATZVERSTÄNDLICHKEIT VOM GRAD DER SILBENVERSTÄNDLICHKEIT



Mit jeder Säulengruppe ist eine einzeln zu betrachtende Situation dargestellt.

Leicht nachvollziehbar ist die Tatsache, dass je geringer die Silbenverständlichkeit ist, auch umso geringer die prozentuale Anzahl der verstandenen Wörter und Sätze ist.

Auf den ersten Blick ist die Menge der verstandenen Sätze bei einer sehr geringen Silbenverständlichkeit [s. ersten Block] nicht sehr viel niedriger als bei einer sehr hohen Silbenverständlichkeit, wie im fünften Block dargestellt. Aber je weniger Silben gehört und somit verstanden werden, desto mehr muss sich der Zuhörer anstrengen und konzentrieren, um einerseits die gehörten Wörter und Sätze zusammensetzen zu können und andererseits aber auch den Inhalt des Gesprochenen zu verstehen.

Bei einer geringen Silbenverständlichkeit ist dies ein Mehrfaches an Konzentration, die aufgebracht werden muss, als bei einer hohen Silbenverständ-

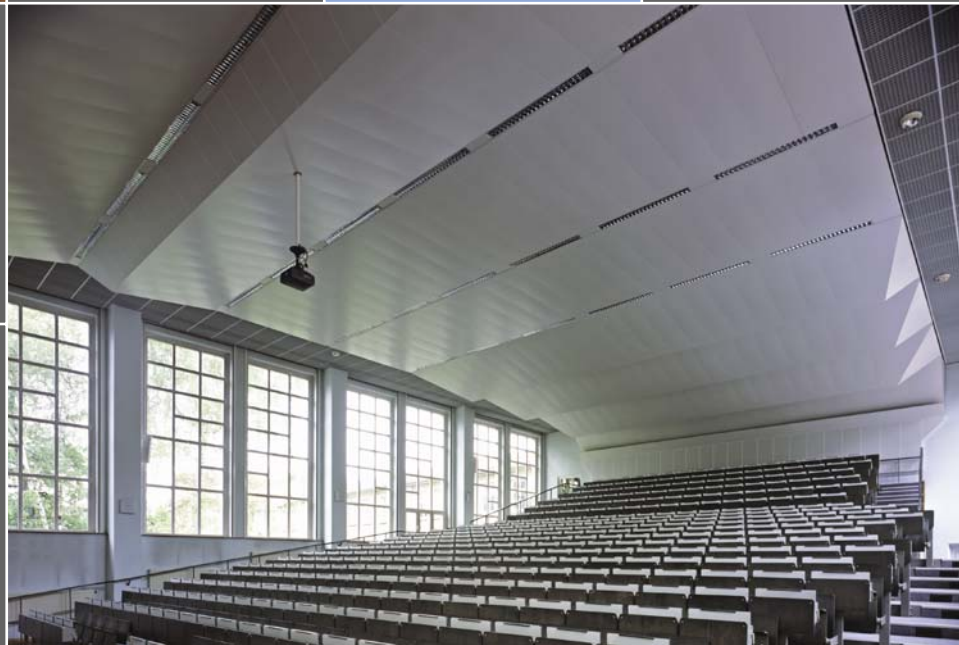
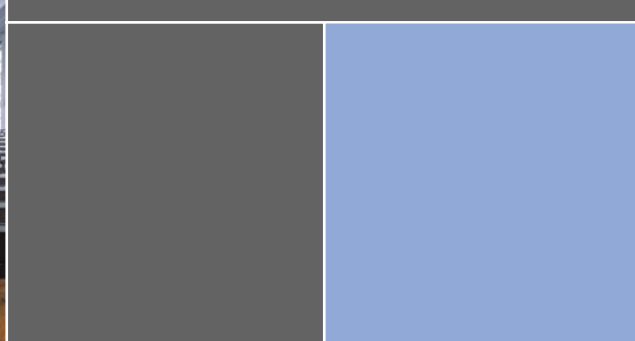
lichkeit. Diese Konzentration kann im günstigen Fall über 2-3 Unterrichtsstunden gehalten werden, wird aber ab einem gewissen Punkt rapide absinken. Wenn man von einem durchschnittlichen Wert von sechs Unterrichtsstunden pro Tag ausgeht, kann der Schüler nur ca. 50% des Unterrichts folgen. Lässt die Konzentration nach, wird er sich ablenken, was die Unruhe in der Klasse steigert, den Geräuschpegel anhebt und den prozentualen Anteil der Silbenverständlichkeit noch weiter reduziert.

Dass dies auch eine äußerst belastende, ermüdende und stressige Situation für den Lehrer und die Lehrerin mit sich bringt, ist nachvollziehbar.

Bei einer optimalen Silbenverständlichkeit, die durch ein akustisch gutes Umfeld unterstützt wird, ist eine längere, effektive Unterrichtsdauer möglich. Sowohl um eine Leistungssteigerung auf Seiten der Schüler zu erreichen als auch ein stressfreieres Unterrichten auf Seiten der Lehrer zu ermöglichen.



Anfang der 90er Jahre wurde eine Aula der TU Chemnitz zu einem Hörsaal für 400 Personen umgebaut. Entsprechend der raumakustischen Situation wurde eine Akustikdecke mit schallreflektierender Rückwand konstruiert und von durlum realisiert. Die Akustikdecke spiegelt die Vorteile einer Metalldecke wieder, von ihrer Langlebigkeit, ihrer idealen akustischen Eigenschaft bis hin zu ihrer ästhetischen Flexibilität.



THE WORLD



Wie lassen sich Schulen und speziell Klassenzimmer akustisch und bezüglich der Beleuchtung optimieren, damit der Lebensraum Schule ideale Lehr- und Lernbedingungen für jeden Schüler und Lehrer besitzt?

RAUMAKUSTIK

Unser Raumakustiker misst vor Ort die Akustik des Raumes, d.h. die Nachhallzeit, in besetztem Zustand. Die Messung orientiert sich an der DIN 52216[1] und umfasst die Terzbandbreite von 100-5000Hz. Unter Berücksichtigung des Raumvolumens und der Raumnutzung wird die Abweichung von der idealen Nachhallzeit festgestellt [Tabellen 1 und 3].

Nutzung	Optimierungskriterium			Bemerkung
	Sprachverständlichkeit	Lautstärke von Geräuschen	Wiedergabequalität von Multimediaanwendungen	
Klassenräume	X	[X]	[X]	Sehr gute Sprachverständlichkeit ist auch für andere Organisationsformen als den Frontalunterricht zu gewährleisten.
Musikräume	X	[X]	X	Akustische Selbstkontrolle, gutes gegenseitiges Hören und gute Klangdurchmischung sind zur Unterstützung gemeinsamen Singens und Musizierens erforderlich.
Werkräume	X	X		
Gruppenräume	X	X		
Foyers/Flure	[X]	X		Eine zu geringe Sprachverständlichkeit in diesen Bereichen führt zu einem unerwünschten Ansteigen des Geräuschpegels.
Speiseräume	[X]	X		
Veranstaltungsräume	X	X	[X]	Meist Ermöglichung von Sprach- und Musikdarbietungen notwendig, s.a. Bemerkung zu Musikräumen.

X=Hauptkriterium, [X]=untergeordnetes Kriterium

Tabelle 3: Optimierungskriterien in Abhängigkeit von der Raumnutzung¹

Bauakustische Maßnahmen

Da die Sprachverständlichkeit aber nicht nur von der Nachhallzeit abhängt, sondern auch von der Schallreflexion und dem Störgeräuschpegel, der sinkt, wenn die Nachhallzeit kürzer ist, wird auch dies berücksichtigt. Überschreitet der Störgeräuschpegel die von der DIN 18041: 2004-05 empfohlenen Werte [Tabelle 4], ist zu überlegen, mit welchen bauakustischen Maßnahmen die Betriebsgeräusche² und die Publikumsgeräusche³ reduziert werden können. Der Einsatz leiserer Geräte, dämpfen des Fußbodenkontakts der mobilen Möblierung usw. sollten in Betracht gezogen werden.

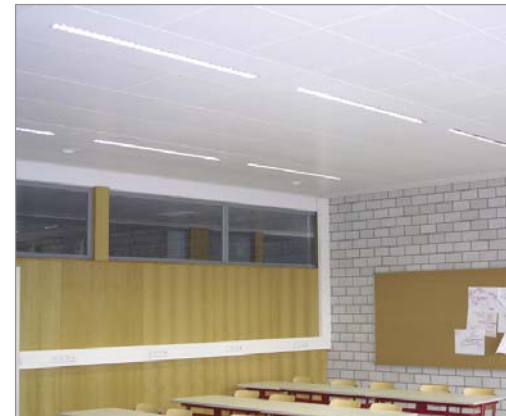
	1	2	3		4	5
Schalltechnische Anforderungen an die Raumnutzung		Störschalldruckpegel der bauseitigen Geräusche $L_{NA, Bau}$ in dB	Eignung* für eine Entfernung: Sprecher-Hörer		Eignung* für Personen mit Hörverlusten	Eignung* für die Wahrnehmung schwieriger oder fremdsprachiger Texte
			mittlere ^b	größere ^b		
1	I [mindest]	≤40	+	-	-	-
2	II [mittlere]	≤35	+	o	o	o
3	III [hohe]	≤30	+	+	+	+

* „+“ = geeignet, „o“ = bedingt geeignet, „-“ = nicht geeignet

^b Für eine mittlere Entfernung zwischen Sprecher und Hörer kann ein Abstand von 5-8m, für größere Entf. >8m angenommen werden.

^c Auch geeignet für geringere Entfernung zwischen Sprecher und Hörer bis etwa 5m.

Tabelle 4: Einstufung des Störschalldruckpegels bauseitiger Geräusche nach Anforderungen an die Raumnutzung⁴

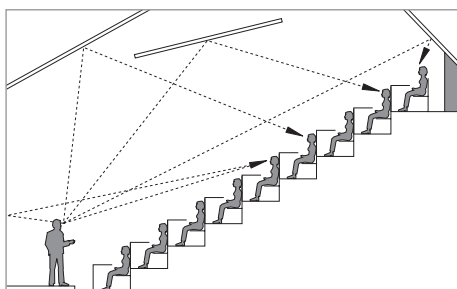
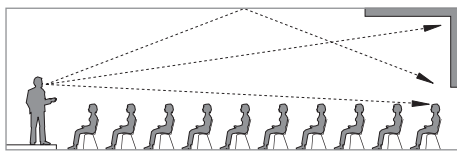


Theodor-Heuss-Gymnasium, Schopfheim
Metalldecke und Beleuchtung von durlum

Kleine Räume



Mittelgroße Räume und kleine Hallen



Raumakustische Maßnahmen

Neben den bauakustischen Maßnahmen werden auch raumakustische Maßnahmen nötig sein, um die Sprachverständlichkeit zu optimieren. Erreicht wird dies durch Schallabsorber. Wie groß die schallabsorbierende Fläche sein muss, und wo sie angebracht werden sollte, ist abhängig von der Schallabsorption, die notwendig ist, um die Nachhallzeit zu optimieren. Hierbei sind stark absorbierende Materialien nicht automatisch besser geeignet als schwächer absorbierende. Erst das Produkt aus der Fläche und dem Schallabsorptionsgrad⁵ legt die Qualität der Absorption fest. Eine große Fläche mit wenig Absorption kann somit besser geeignet sein als eine kleine Fläche mit hochabsorbierendem Material. Ideal ist, die Absorption möglichst gleichmäßig in einem Raum zu verteilen, bzw. auf den Bedarf des Raumes anzupassen.

Die DIN 18041:2004-05 gibt Beispiele für die Verteilung von Schallabsorptionsflächen:

■ Kleine Räume bis 250m³

Wenn der Raum einen rechteckigen Grundriss hat und die Wände eine ebene Fläche bilden, also nicht durch Möbel, Pinnwände, Fensterrücksprünge etc. gegliedert ist, besteht bei einer vollständig schallabsorbierend bekleideten Decke das Risiko von Flatterechos. Dies kann durch ein schallreflektierendes mittleres Deckenfeld und partielle Schallabsorber an den Wänden vermieden werden [s. Grafik links oben].

Da Räume bis 250m³ nicht akustisch überdämpft werden können und die Wände in der Regel keine ebene Fläche bilden, ist es möglich, die Decke vollflächig schallabsorbierend zu halten. Je nachdem ist es notwendig, zusätzlich eine schallabsorbierende Rückwand einzusetzen.

■ Mittelgroße Räume und kleine Hallen von 250m³ bis 5000m³

In Räumen, die länger als ca. 9m sind, können langverzögerte Schallanteile in den vorderen Raumbereich gelenkt werden, was die Sprachverständlichkeit mindert. Dies kann verhindert werden, indem man die Schallreflexionsflächen schallabsorbierend verkleidet oder so neigt, dass der Schall in die hinteren Reihen umgelenkt wird und dadurch nützlich verstärkt wird.

Damit bei größeren Entfernungen zwischen Sprecher und Zuhörer der nützliche Schall verstärkt wird, ist es erforderlich, reflektierende Flächen so anzuordnen und auszurichten, dass der Raum ideal beschallt wird, die störenden Schallanteile aber absorbiert werden.

Absorber-Material

Aus welchem Material sollte der Absorber sein? Die landläufige Meinung ist: je poröser die Oberfläche, desto besser die Schallabsorption. Diese Aussage stimmt grundsätzlich, berücksichtigt aber nicht, in welchem Frequenzbereich gute Schallabsorptionswerte erzielt werden. Die klassischen Mineralfaserprodukte wirken am besten im Bereich von ca. 1000Hz.

■ Mikroperforierte Metalldecken

Es ist aber so, dass besonders der tieffrequente Bereich für die Sprachverständlichkeit wichtig ist [s. Tabelle 2]. Aus diesem Grund reichen auch textile Gehbeläge nicht zur Schallabsorption aus, da sie auch in den hohen Frequenzen wirken. Dazu kommt, dass z.B. bereits Vorhänge und die

Personen im Raum im hohen Frequenzbereich als Absorber wirken. Anders wirken abgehängte Metalldecken mit Mikroperforation [s. Tabelle 5] und Akustikvlies. Bei einem Deckenhohlraum zwischen 200-600mm liegen die maximalen Schallabsorptionswerte zwischen 125-500Hz. Somit werden die kritischen Nachhallzeiten reduziert, so dass die Nachhallzeit im gesamten Frequenzbereich relativ ausgeglichen ist.



Tabelle 5: Mikroperforierte Metalldecken

Neben der sehr guten Schallabsorption bei tiefen Frequenzen, haben die Metalldeckensysteme von durlum weitere Vorteile:

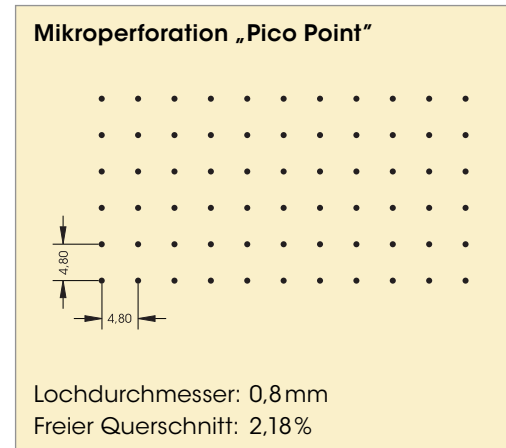
- Leichte Demontierbarkeit bei Revisionsarbeiten
- Hygienisch unbedenklich
- Unempfindlich durch widerstandsfähige Pulverbeschichtung
- Unempfindlich gegen mechanische Beanspruchung [Material: verzinktes Stahlblech, Edelstahl, Aluminium]
- Lange Lebensdauer ohne Qualitätsverlust
- Verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten in Form und Farbe

durlum berät Sie gerne bei der Auswahl des für Ihr Projekt idealen Deckensystems. Bitte fordern Sie unser „Metalldecken – Detailbuch“ an, um sich einen Überblick über die Vielzahl der Deckensysteme zu verschaffen.

■ THASOS Decken- und Wandsysteme

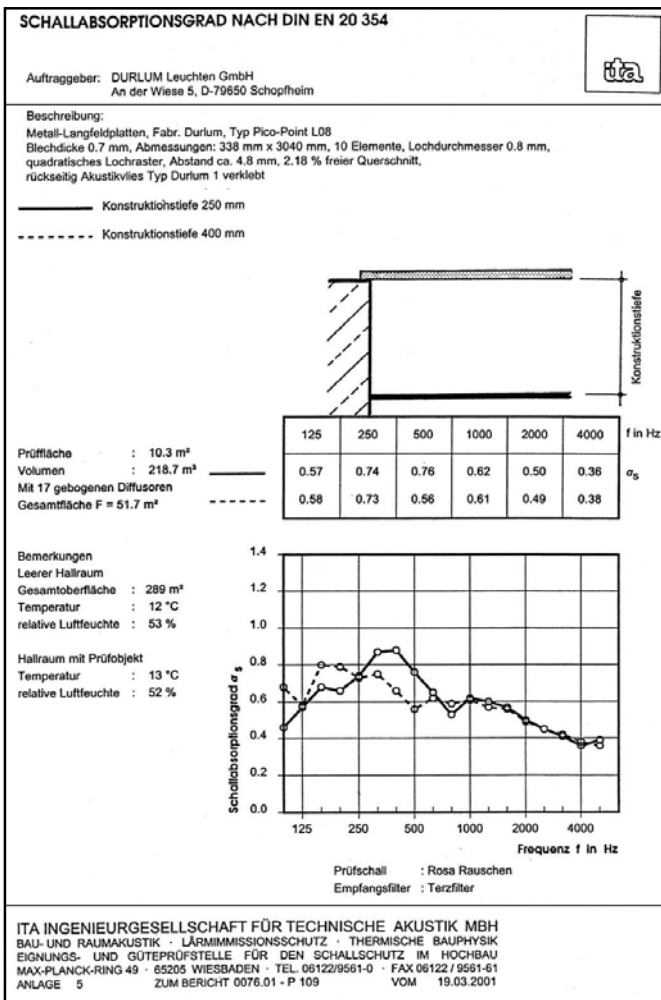
Die Metalldecken können mit einem Holzprodukt, z.B. THASOS von durlum, kombiniert werden. Es hat ideale akustische Eigenschaften, die auf die erforderliche Schallabsorption bzw. -reflexion abgestimmt sind. Die Verbindung von THASOS mit Metalldecken setzt zusätzlich farbliche Akzente. THASOS kann als vollflächige oder partielle Wand- und Deckenverkleidung eingesetzt werden, mit verschiedenen Furnieren [Ahorn, Birke, Anegré, weitere auf Anfrage] und Perforationen. Bitte sprechen Sie uns auf detailierte Informationen zu THASOS an.

Neben der Optimierung von Klassenräumen können Sie mit den Metalldecken- und Wandverkleidungssystemen auch den Geräuschpegel in Fluren und Treppenhäusern senken, die Wiedergabequalität von Multimediaanwendungen in Musikräumen steigern usw.

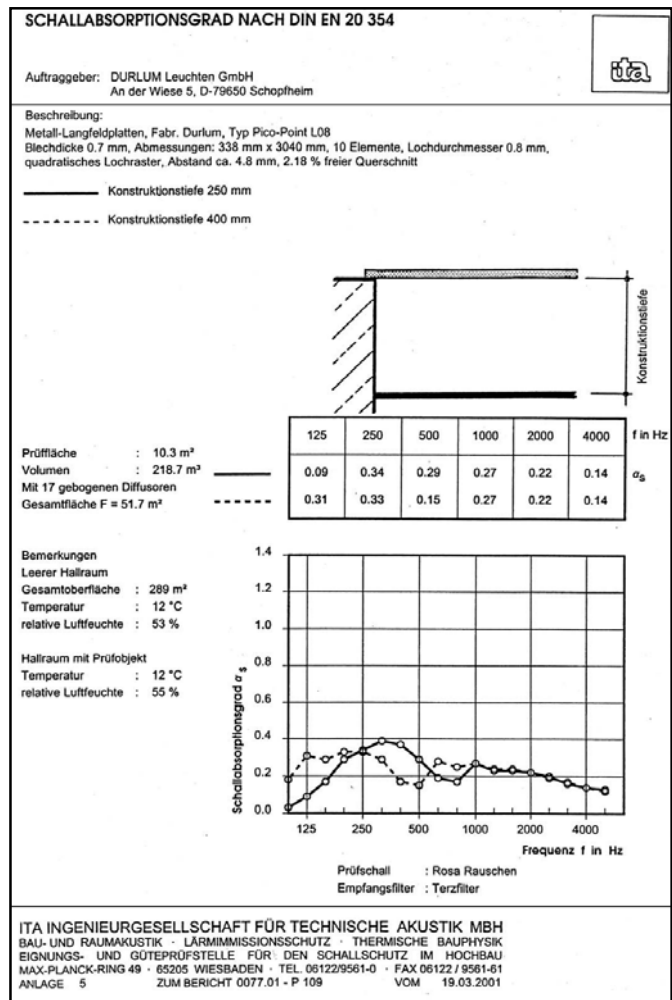


THASOS als Wandverkleidung

PRÜFZEUGNISSE: SCHALLABSORPTIONSGRAD NACH DIN EN 20354



Mikroperforierte Metall-Langfeldplatte mit Akustikvlies



Mikroperforierte Metall-Langfeldplatte ohne Akustikvlies

Exkurs: Welche Farbe sollte die Metalldecke haben?

Unser Denken, Fühlen und Handeln wird durch Farben beeinflusst. Aber was ist Farbe überhaupt? Sie ist eine Eigenschaft des Lichts, das von Gegenständen zurückgeworfen wird. Welche Farbe wir sehen, hängt von der in Nanometer gemessenen Wellenlänge des Lichts ab. Die Wellenlängen, die wir visuell wahrnehmen können, sind die sogenannten Regenbogenfarben. Unter Farbtheoretikern gelten Weiß, Grau und Schwarz nicht als Farben, weil das menschliche Auge diese nur über die Sehstäbchen für die Hell-Dunkel-Unterscheidung wahrnimmt.

Die Wirkung der Farben erleben wir meistens unbewusst. Amerikanische Psychologen fertigten beispielsweise mehrere gleichgewichtige Kisten an, die sich nur in der Farbe unterschieden. Nur bei der weißen Kiste wurde das richtige Gewicht angegeben. Alle anderen Kisten wurden zu schwer taxiert, wobei die Probanden die schwarze Kiste am schwersten fanden.

Selbst der Geschmack wird durch die Farbe beeinflusst. So wurde Testpersonen ein und derselbe Kaffee in verschiedenfarbigen Kannen vorgesetzt. Und tatsächlich wurde der Geschmack des Kaffees unterschiedlich empfunden. Neben der optischen Wahrnehmung der Farbe nimmt der Mensch Farbe auch über lichtempfindliche Hautsensoren auf. Dies bewirkt z.B., dass sich in roten Räumen der Herzschlag und die Atmung beschleunigen und der Blutdruck steigt.

Rot wirkt, aktiv, erregend, erotisch, aggressiv etc.

Blau hingegen wirkt beruhigend, frisch, kühl und vertrauensvoll.

Grün vermittelt ein natürliches, ruhiges und harmonisches Gefühl.

Gelb als strahlendste Farbe wirkt hell, optimistisch, warm und reif. Es steht aber auch für Egoismus, Neid und Geiz.

Orange wirkt ebenfalls warm; darüber hinaus auch noch lebensbejahend und aktiv. Zu viel Orange jedoch macht unruhig.

Weiß verkörpert Leichtigkeit, Unschuld, Friede, Reinheit und Ordnung.

Grau kann sehr vielschichtig empfunden werden. Es vermittelt Neutralität, Eleganz, Stabilität, Würde, Zurückhaltung, aber auch Verwirrung, Verfall und Langeweile.

Um für die Metalldecke im Klassenzimmer die richtige Farbe auszusuchen, muss berücksichtigt werden, welche Farben schon im Raum vorhanden sind. Positiv wirkt beispielsweise ein Warm-Kalt-Kontrast zwischen Wand und Decke. Ein kleiner Raum wirkt durch helle Farben größer und helle Decken geben einem Raum Höhe. Zu viel Farbe jedoch wirkt störend.

¹ nach: Behr, 2001, S. 3.

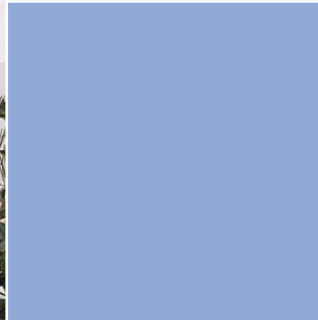
² Das sind Geräusche, verursacht durch im Raum betriebene Geräte, durch mobile Wiedergabegeräte von Ton und Bild etc.

³ Das sind Geräusche, verursacht durch Publikum [Stühle rücken etc.].

⁴ nach: DIN [Hrsg.], 2004, S. 11.

⁵ Er gibt das Verhältnis der absorbierten zur eintreffenden Schalleistung an.







BELEUCHTUNG

Um eine optimale Beleuchtung zu erreichen, muss man mehrere licht-technische Details beachten: die Beleuchtungsstärke, Lichtrichtung und Schattigkeit, Farbgestaltung des Raumes, Vermeidung störender Spiegelungen etc.

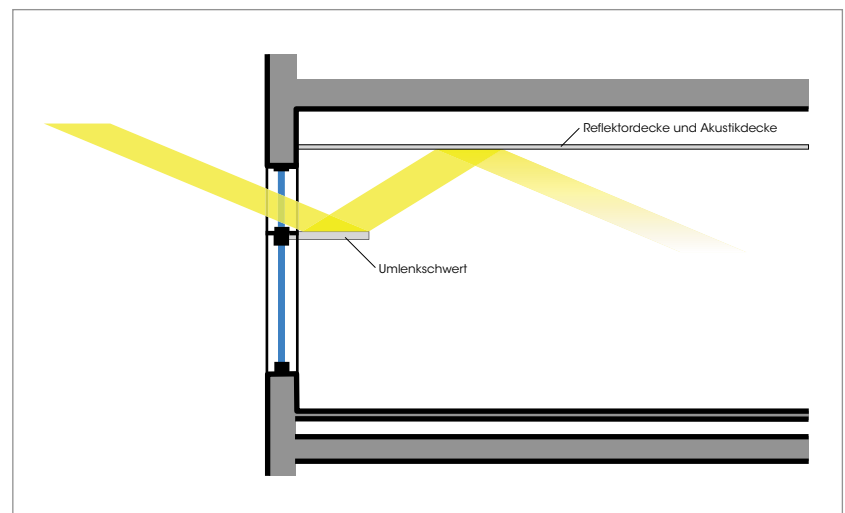
Das Ziel von durlum und der **Interessengemeinschaft zur Förderung optimaler Lernbedingungen** ist es, für jeden Schüler und Lehrer im Klassenzimmer das ideale Licht zu schaffen, sei es durch Kunstlichteinsatz oder Tageslichtplanung; eine Beleuchtung, welche die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit unterstützt und das physische und psychische Wohlbefinden fördert.

Tageslichtlenkung

Da Tageslicht grundsätzlich besser als künstliche Beleuchtung ist, hat durlum Tageslichtlenkungssysteme entwickelt, die den Raum gleichmäßig – mit Unterstützung von künstlichem Licht – ausleuchten.



Tafelbeleuchtung



Grafik: Tageslichtlenkung

Künstliches Licht

Um mit künstlichem Licht jedem Schüler annähernd gleiche Lichtverhältnisse zur Verfügung zu stellen, kann man getrennte Stromkreise oder dimmbare sensorgesteuerte Lichtsysteme einsetzen. Solche Systeme haben den Vorteil, dass sie sich selbstständig bei Nutzung des Raumes anschalten, nachregeln und bei Abwesenheit abschalten. Ein willkommener Nebeneffekt ist die Energiekostensparnis. Nach ca. 10 Jahren haben sich die Leuchten amortisiert. Die Anordnung und Licht-„Ausbeute“ der Leuchten kann mit entsprechenden Lichtberechnungsprogrammen simuliert werden.

Neben der Ausleuchtung des Raums gilt auch der Beleuchtung der Wandtafel unser Augenmerk. Hier gibt es die Möglichkeit einer separat steuerbaren Beleuchtung. Dadurch wird eine gleichmäßige vertikale Helligkeitsverteilung auf der gesamten Tafelfläche, inklusive der ausklappbaren Tafelflächen erreicht, die zugleich Spiegelungen von Fensterflächen oder Raumleuchten auf der Tafel verhindert. Geeignet sind Deckenein- und -anbauleuchten oder Pendelleuchten als Wandfluter mit asymmetrischer

Lichtstärkeverteilung. Einsetzbar sind auch breitstrahlende Strahler, die zum Auditorium hin gut abgeschirmt sind.

Decken-Beleuchtungssysteme

Die Tageslichtlenkung und die Lichtsysteme lassen sich hervorragend in die abgehängten Metalldecken von durlum integrieren, sodass aufeinander abgestimmte Decken-Beleuchtungssysteme die Klassenzimmer, Funktionsräume, Flure, Aulas usw. den Anforderungen an Akustik und Licht anpassen. Die optimierten Individuallösungen sind etwas kostenintensiver als Standardlösungen. Durch die lange Lebensdauer der Produkte und die sehr geringe Wartung relativieren sich die Kosten, sodass sich die Investition auf jeden Fall bezahlt macht.



¹ Da die Klassenzimmer hell und freundlich sein sollen, werden sie oft weiß gestrichen. Dabei wird vergessen, dass ein zu starker Kontrast von Tafel und Wand die Augen schnell ermüdet, weil sich das Auge ständig anpassen muss.



Schule, Kaltern
Rundleuchten von durlum


„Angesichts der Tatsache, dass die geburtenschwachen Jahrgänge in Kürze ins Schulalter kommen, kann es für jede Schule nur höchste Priorität sein, sich als moderne, innovative Einrichtung zu präsentieren, die für die Schülerschaft ein Lebensraum mit optimalen Lernbedingungen ist. Nur so kann die Schule als Visitenkarte der Moderne effizient und leistungsfähig sein und die jetzige und nachfolgenden Schülergenerationen bestmöglich auf das Berufsleben vorbereiten, was unser aller Anliegen sein muss.

Die **Interessengemeinschaft zur Förderung optimaler Lernbedingungen** hat sich zum Ziel gesetzt, dieses ideale Lehr- und Lernumfeld zu schaffen. Dazu sind wir auf Partner/Mitglieder angewiesen, da es viele, verschiedenartig gelagerte Bereiche gibt, in denen die Lehr- und Lernsituation verbessert werden kann und muss. Mit der Firma durlum-Leuchten GmbH [Decke Licht Raum] haben wir einen Partner und Sponsor gefunden, der sich bestens auf die akustische und visuelle Problematik und vor allem deren Lösung versteht.

Wir hoffen, weitere Partner zu finden, die den Lebensraum Schule für unsere Kinder und die zukünftigen Generationen so mitgestalten wollen, dass Menschen heranwachsen, die sich im internationalen Vergleich behaupten können.

Für Beiträge, Beitritte zur IG und sonstige Anregungen sind wir offen und dankbar!“

Interessengemeinschaft zur Förderung optimaler Lernbedingungen



Angelika Scheider

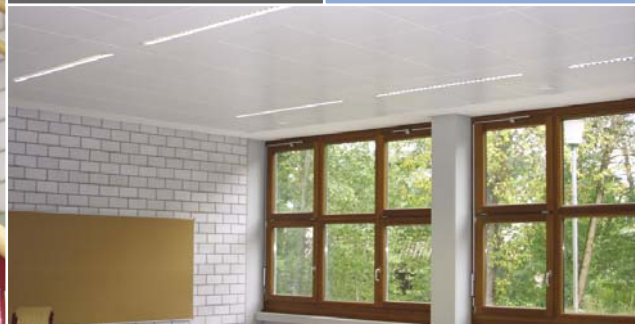


Schallabsorption

„Entzug von Schallenergie aus einem Raum oder Raumbereich durch Umwandlung in eine andere Energieform [z.B. Wärme: „Dissipation“] oder Austritt des Schalls aus dem betrachteten Raum [„Transmission“].“¹

¹ DIN [Hrsg.], 2004, S. 7.

GLOSSAR



Nachhallzeit

Die Zeit, die verstreicht, wenn nach Abstellen einer Schallquelle der Schallpegel um 60dB abfällt.

Schallabsorptionsgrad $[\alpha]$

Um die Schallabsorption als Messgröße zu definieren, hat man den Schallabsorptionsgrad α eingeführt, der als Quotient aus reflektierender und auftreffender Schallenergie gebildet wird.

$$\alpha = \frac{\text{nicht wieder reflektierte Schallenergie}}{\text{auftreffende Schallenergie}}$$

$\alpha=0$ völlige Reflexion [keine Absorption]

$\alpha=1$ völlige Absorption [keine Reflexion]



Theodor-Heuss-Gymnasium, Schopfheim

Schallpegel

Der Schallpegel wird durch den Wechseldruck [Druckschwankung] gekennzeichnet. Da sich Schalldrücke um bis zu fünf Zehnerpotenzen unterscheiden können [10^{-4} bis 10N/m^2] wird der Schallpegel logarithmisch dargestellt:
 $L = 20 \lg (p/p_0)$ [dB]

Die Einheit wird in Dezibel bezeichnet. „Dezi“ besagt, dass 1/10 der Einheit „Bel“ vorliegt.

Schalldruck

Das Schallfeld bestimmender Wechseldruck in Gas und Flüssigkeiten, der sich dem statischen Druck überlagert.

LITERATUR

Behr, Thomas [IEMB], *Planungshilfen für die Modernisierung von Schulbauten der Baualtersgruppe von 1860-1920. Raumakustische Maßnahmen bei der Sanierung von Altbau­schulen*, Berlin 2001.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. [Hrsg.], *DIN 18041. Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen*, Berlin 2004.

Klatte, Maria u.a., *Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?!*, in: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg [Hrsg.], *EINBLICKE Nr. 35*, Oldenburg 2002, S. 4-8.

Oberdörster, Markus u.a., *Akustische Maßnahmen in Klassenräumen*, in: SSB Spezial Seminare Bau GmbH [Hrsg.], *2. Akustik-Forum Raum und Bau. Der gehörte Raum. Aktuelle Forschungsergebnisse aus Akustik und Schallschutz*, Köln 2005.

Schäfer, Maximilian Y., *Licht, Gesundheit und Bewusstsein*, in: HIGHLIGHT Verlagsgesellschaft mbh [Hrsg.], *HIGHLIGHT. 5/6 2004*, Rüt­hen 2004, S. 2-12.

Sozialministerium Mecklenburg-Vorpommern, *Leitfaden Raumakustik in Unterrichtsräumen. Ein aktuelles Thema der Schulhygiene. Auswirkungen auf Sprachverständlichkeit und Stimmbelastung*, Deutscher Arbeitsring für Lärmbekämpfung e.V. [Hrsg.], Düsseldorf 2001.

Stephenson, Uwe, *Lärmschutz in Klassenräumen*, in: Deutscher Arbeitsring für Lärmbekämpfung e.V. [Hrsg.], *Lärm-Report. Heft 4 [online Fassung]*, Düsseldorf 2003.

published by:
durlum-Leuchten GmbH
An der Wiese 5
D-79650 Schopfheim
© 2005 durlum-Leuchten GmbH

Decken- und Lichtsysteme
für moderne Architektur

durlum-Leuchten GmbH

Decke Licht **Raum**

An der Wiese 5

D-79650 Schopfheim

T +49 (0) 76 22 / 39 05-312

F +49 (0) 76 22 / 39 05-42

E info@schulgestaltung.de

I www.schulgestaltung.de