



Montag Stiftung
Jugend und Gesellschaft

AKUSTIK IM SCHULBAU

*Neue Konzepte
und Empfehlungen*

Verband Bildung und Erziehung



BDA

BUND
DEUTSCHER
ARCHITEKTINNEN
UND ARCHITEKTEN

AKUSTIK

IM SCHULBAU

*Neue Konzepte
und Empfehlungen*

<u>0.</u>	<u>VORWORT</u>	4
------------------	-----------------------	---

<u>1.</u>	<u>ANFORDERUNGEN AN DIE AKUSTIK IN ZEITGEMÄSSEN SCHULEN</u>	6
1.1	RÄUMLICHE ANFORDERUNGEN UND TYPOLOGIEN	7
1.2	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN RAUMAKUSTIK UND BAUAKUSTIK	10
1.3	RAUMAKUSTISCHE EINORDNUNG VON OFFENEN RAUMSTRUKTUREN	12
1.4	BAUAKUSTISCHE EINORDNUNG VON OFFENEN RAUMSTRUKTUREN	13

Teil 1

RAUMAKUSTIK

<u>2.</u>	<u>RAUMAKUSTISCHE PARAMETER UND RICHTLINIEN</u>	18
------------------	--	----

2.1	RELEVANTE RAUMAKUSTISCHE GRÖSSEN	18
2.2	BESTEHENDE NORMEN UND RICHTLINIEN	23

<u>3.</u>	<u>RAUMAKUSTISCHE EMPFEHLUNGEN</u>	42
------------------	---	----

3.1	ZIELSETZUNGEN FÜR DIE PLANUNG OFFENER RAUMSTRUKTUREN	42
3.2	NEUE RAUMAKUSTISCHE ZIELWERTE	46
3.3	UMSETZUNGSBEISPIELE	52

Teil 2

BAUAKUSTIK

4. BAUAKUSTISCHE PARAMETER UND RICHTLINIEN 68

- 4.1 RELEVANTE BAUAKUSTISCHE GRÖSSEN 68
- 4.2 BESTEHENDE NORMEN UND RICHTLINIEN 74

5. BAUAKUSTISCHE EMPFEHLUNGEN 90

- 5.1 ÜBERSICHT BAUAKUSTISCHER ZIELWERTE 90
- 5.2 UMSETZUNGSBEISPIELE 93

ANHANG

6. GLOSSAR..... 106

7. NORMEN, REGELWERKE UND LITERATUR 111

8. IMPRESSUM 116

0. VORWORT

Der Schulbau hat sich verändert. Vielfältige Raumstrukturen wie Cluster oder offene Lernlandschaften sind heute nicht mehr die Ausnahme, sondern werden zur Regel. Sie eröffnen unterschiedliche Formen des Lernens und Lehrens, wie sie zeitgemäße pädagogische Konzepte einfordern. Dabei entstehen neue und wesentlich komplexere Anforderungen an die akustische Qualität als in der Vergangenheit. Geltende Vorgaben und technische Empfehlungen im Schulbau fokussieren jedoch nach wie vor konventionelle Klassenraum-Flur-Schulen und werden dem sich wandelnden Verständnis von Schule kaum gerecht.

In der Praxis ist die Planung der Akustik von offenen Raumkonzepten wie Clustern und offenen Lernlandschaften daher mit einer großen Unsicherheit verbunden. Das gilt sowohl für die Planung und Fachplanung, denen es an Erfahrung im Umgang mit den neuen Schulraumtypologien fehlt, als auch für Bauverantwortliche in den Kommunen, die sich an den konventionellen Regelwerken orientieren. Gleichzeitig sind in Ländern wie beispielsweise Dänemark oder Großbritannien Anforderungen an die akustische Planung von offenen Lernlandschaften bereits in nationale Empfehlungen eingeflossen.

Um für die Planung von zeitgemäßen Schulgebäuden in Deutschland eine Orientierung auf Basis der aktuellen Erkenntnisse zu geben, hat die Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft 2023 zwei Expertisen zur Raum- und Bauakustik von Clustern und offenen Lernlandschaften in Auftrag gegeben. Die Ergebnisse sind in diesem Leitfaden zusammengefasst. Es werden Regelwerke zur Raum- und Bauakustik verschiedener Länder verglichen und die daraus resultierenden Maßnahmen bewertet. Neben der Darstellung von Beispielprojekten erläutert der Leitfaden die Zusammenhänge zwischen pädagogischen Bedarfen und raum- sowie bauakustischen Maßnahmen und bietet praktische

Empfehlungen für die akustische Bewertung von offenen Raumstrukturen wie Clustern und offenen Lernlandschaften.

Damit liegt endlich eine Entscheidungsgrundlage für die Planung der Akustik von neuen Lernraumtypologien vor. Die Fachplanung findet in der Analyse der Regelwerke Argumentationshilfen für die Erstellung von Akustikgutachten. Für die Architekturplanung werden akustische Maßnahmen anhand von Lösungsbeispielen und Ausführungshinweisen nachvollziehbar gemacht. Zudem kann dieser Leitfaden als Grundlage für die Überarbeitung bestehender Regelwerke dienen.

Die vorliegende Broschüre ergänzt die Dokumentation der Lösungsansätze aus unseren Pilotprojekten auf www.schulbauopensource.de. Gleichzeitig setzt sie die von der Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, dem Bund Deutscher Architektinnen und Architekten (BDA) und dem Verband Bildung und Erziehung (VBE) herausgegebene Reihe anwendungsbezogener Handlungsempfehlungen zum Schulbau fort. Bisher erschienen sind »Leitlinien für leistungsfähige Schulbauten in Deutschland« und »Brandschutz im Schulbau« (weitere Herausgeber: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Technische Universität Kaiserslautern und Unfallkasse NRW).

Wir hoffen, dass diese Empfehlungen dazu beitragen, den Wandel im Schulbau weiter voranzutreiben, die Komplexität der Regelwerke zu vereinfachen, Widersprüche aufzulösen und einen pädagogisch und baukulturell hochwertigen, wirtschaftlichen, nachhaltigen Schulbau zu unterstützen.

Bonn, im Oktober 2024

1. ANFORDERUNGEN AN DIE AKUSTIK IN ZEITGEMÄSSEN SCHULEN

Die Transformation der Schule hin zu einer zukunftsgerichteten Pädagogik betrifft sowohl die Organisation von Schule als auch deren Nutzungskonzepte. Selbstorganisiertes und digitales Lernen (alleine, zu zweit oder in der Gruppe), Projektarbeit, Werkstätten und die Lernbegleitung durch multiprofessionelle Teams charakterisieren den Schulalltag. Die räumliche Umgebung der Schule hat in diesem Kontext die Aufgabe, einen Rahmen für unterschiedliche Möglichkeiten sozialer Interaktion sowie Erholung und Rückzug zu schaffen. Um diesen veränderten Anforderungen gerecht zu werden, haben sich im Schulbau neue Raummodelle wie Cluster und offene Lernlandschaften entwickelt, die sich durch größere gemeinschaftlich genutzte Bereiche sowie offenere und vielfältige Raumstrukturen auszeichnen.

An die Planung der Akustik von Schulen entstehen dadurch neue und auch komplexere Anforderungen als in der Vergangenheit. Die geltenden akustischen Regelwerke zum Schulbau orientieren sich jedoch nach wie vor sowohl an der Typologie einer Klassenraum-Flur-Schule als auch an der Vorstellung von Schule als Ort für Unterricht in abgeschlossenen Räumen. Daher bieten sie für zeitgemäße und zukunftsgerichtete Schulen, insbesondere solche mit offenen Raumkonzepten, wenig Hilfestellung. In Ländern wie beispielsweise Dänemark oder Großbritannien sind Anforderungen an die akustische Planung von offenen Lernlandschaften dagegen bereits in nationale Planungsempfehlungen eingeflossen.

Mit dem vorliegenden Leitfaden werden Empfehlungen für die Planungspraxis aus einer kritischen Betrachtung nationaler und internationaler Regelwerke hergeleitet. Außerdem wird der Bezug zu konkreten Anforderungen aus der Pädagogik erläutert. Denn anders als früher können die akustischen Konzepte kaum mehr über pauschale Vorgaben bestimmt werden, sondern müssen individuell auf die konkreten Bedarfe und bestenfalls im Austausch mit den Nutzer*innen abgestimmt werden. Um für die neuen Raummodelle die passenden akustischen Konzepte zu entwickeln, braucht es also mehr als neue Planungsrichtlinien – nämlich ein gutes Verständnis für die veränderten Bedarfe

1. SBI, *SBI-anvisning 218, Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbygninger*
2. IOA / ANC, *Acoustics of Schools: a design guide*
3. Vgl. Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, *Schulen Planen und Bauen 2.0*
4. Vgl. Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft / BDA / VBE, *Leitlinien*

an die Raumqualität, die sich aus den sich verändernden Aufgaben von Schule ableiten. Eine intensivere Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Aktions- und Sozialformen und ihren spezifischen Anforderungen und Erwartungen an die Akustik liegen vor allem in den nationalen Richtlinien noch nicht vor.

1.1 RÄUMLICHE ANFORDERUNGEN UND TYPOLOGIEN

Für die Akustik besonders relevante Anforderungen an offene Raumstrukturen ergeben sich dadurch, dass diese einerseits multifunktional beispielbar sein und andererseits parallel stattfindenden Nutzungen gerecht werden sollen. Aus Räumen mit fest zugeordneten Funktionen werden mehrfach nutzbare Flächen, die eine neue akustische Prioritätensetzung einfordern und zugleich die Betrachtung von raum- und bauakustischen Kriterien notwendig machen, die bislang im Schulbau wenig relevant waren – wie beispielsweise der Abklingrate von Sprache und dem Grad an Vertraulichkeit zwischen Räumen.

Die hier vorliegende Studie betrachtet Literatur und Richtlinien zu offenen Schulraumkonzepten mit sehr unterschiedlichen Definitionen der zugrundeliegenden Raumsituationen. In den dänischen Leitlinien wird beispielsweise der Begriff »open plan schools« (Åbenplanskoler)¹ verwendet, womit grundsätzlich Raumsituationen beschrieben werden, in denen es keine echte Schalldämmung durch Wände zwischen unterschiedlichen Unterrichtsgruppen gibt. In Großbritannien wird mit den Begriffen »fully open plan«, »semi-open plan« und »flexible open plan« eine große Bandbreite an Raumtypologien beschrieben, die sich durch den Grad an Offenheit unterscheiden.² Damit werden explizit auch Raumsituationen beschrieben, die flexibel abgetrennt sind, also mal mehr oder weniger offen mit einem anderen Raumbereich verbunden sind. In Deutschland haben sich die Begriffe »Cluster« und »offene Lernlandschaft« etabliert.³ Neben den rein raumtypologischen Eigenschaften – die im jeweiligen Fall auch fließend ineinander übergehen können – drückt sich in diesen beiden Begriffen auch eine pädagogische Organisationsform aus.⁴

1.1.1 CLUSTER

Cluster sind Raumgruppen, in denen mehrere Lern- und Unterrichtsräume gemeinsam mit den dazugehörigen Team-, Differenzierungs-, Aufenthalts-, Erholungsbereichen sowie Lager- und Sanitärbereichen zu einer eindeutig identifizierbaren Einheit zusammengefasst werden. Die Erschließungsbereiche werden zu einer pädagogisch qualifizierten »gemeinsamen Mitte« ausgeweitet. Der zentrale offene Raumbereich wird dabei aktiv für unterschiedliche Aktionsformen genutzt und kann idealerweise flexibel an unterschiedliche Bedürfnisse angepasst werden.

Aus raumakustischer Sicht ist die multifunktionale Nutzung der Mitte mit parallel stattfindenden Aktivitäten und die Offenheit der Struktur relevant. Die an der Mitte angeschlossenen Räume können mit sehr unterschiedlichem Öffnungsgrad zur Mitte, ohne Türen und ggf. mit hohem Glasanteil für eine große visuelle Transparenz der Räume zueinander gestaltet sein. Diese hohe Transparenz von Abtrennungen stellt auch für die bauakustische Bewertung im Vergleich zum konventionellen Schulbau neue Herausforderungen.

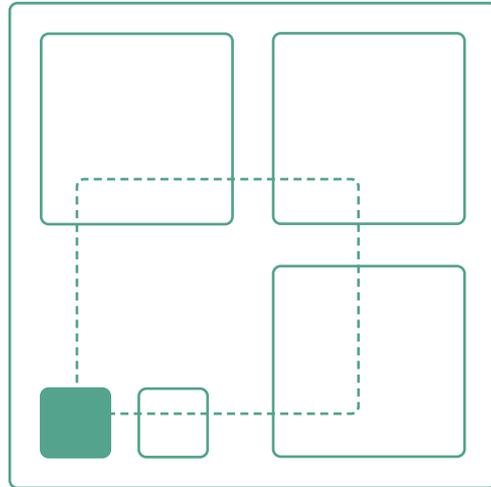
1.1.2 OFFENE LERNLANDSCHAFT

Das Modell der offenen Lernlandschaft löst sich vom herkömmlichen Verständnis eines allgemeinen, nach Klassenräumen gegliederten Lern- und Unterrichtsbereichs und folgt dem Konzept eines stärker individualisierten und eigenverantwortlichen Lernens. Auch bei diesem Organisationsmodell werden meist räumliche Einheiten gebildet, die als »Homebase« für drei bis vier Lerngruppen gemeinsam mit Arbeitsbereichen für ihr pädagogisches Team dienen.

Raumakustisch und bauakustisch ergeben sich ähnliche Herausforderungen wie bei Clustern. Dabei ist von größeren offenen Raumbereichen mit mehr und unterschiedlich ausgestalteten Arbeitszonen auszugehen. Damit die parallelen Nutzungen im Großraum für sich funktionieren können, ist die Qualität der Abschirmung von anderen Bereichen und Räumen relevant.

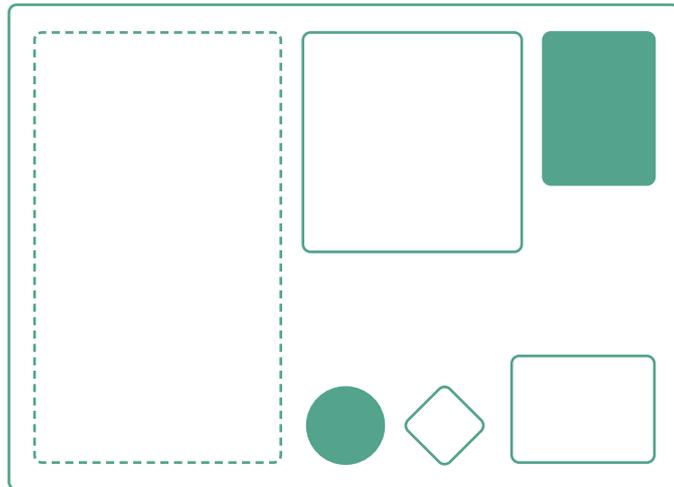
01

Cluster



02

Offene Lernlandschaft



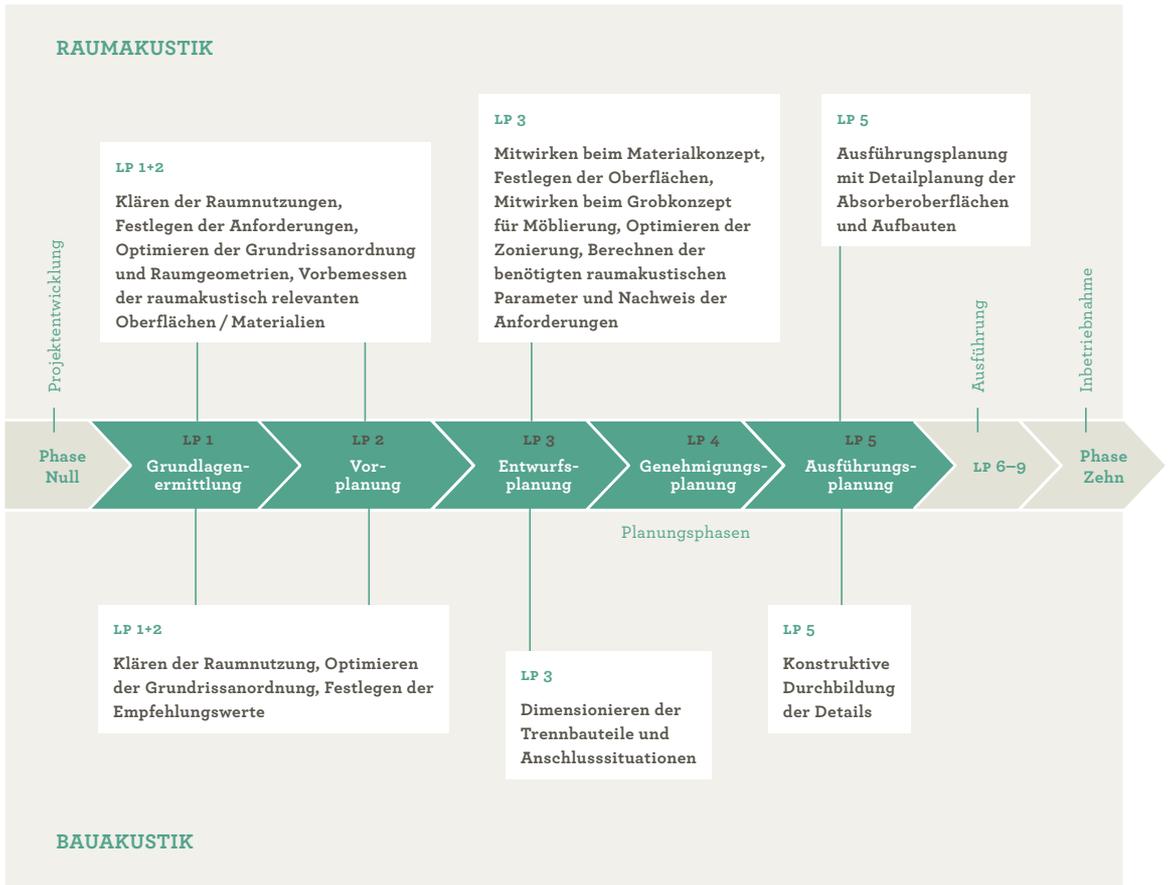
1.2 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN RAUMAKUSTIK UND BAUAKUSTIK

Raumakustik beschäftigt sich mit der Schallausbreitung und den Hörbedingungen innerhalb eines Raumes, während die Bauakustik die Schallübertragung zwischen zwei Räumen bzw. zwischen dem Rauminneren und seiner äußeren Umgebung behandelt. Insbesondere bei leichten oder variablen Wänden greifen Raum- und Bauakustik jedoch nahtlos ineinander über, da die Qualität der Raumakustik im Sende- und Empfangsraum eine Rolle für die Schallübertragung zwischen den Bereichen spielt.

Raumkonzepte wie Cluster und offene Lernlandschaften bilden organisatorische Einheiten, die – im Gegensatz zu Flurschulen – auf gute Sichtbezüge und räumliche Verbindungen zwischen den verschiedenen Bereichen ausgelegt sind, um Kommunikation und gegenseitige Wahrnehmung zu ermöglichen. Daher kann der Grad der Raumabtrennung innerhalb dieser Nutzungseinheiten sehr variabel sein, und Raum- sowie Bauakustik können kaum mehr losgelöst voneinander betrachtet werden.

Dies betrifft auch den Begriff des »Schallschutzes« allgemein. Während es im konventionellen Schulbau darum geht, Störungen durch Aktivitäten in unterschiedlichen Räumen zu verhindern, sollen nun Aktivitäten innerhalb eines Raumbereichs akustisch voneinander »geschützt« werden. Mitunter klärt sich aber erst im Zuge der Ausbauplanung, ob bestimmte Raumbereiche durch flexible Schallschirme, Möbelstücke oder durch feste Wandelemente voneinander getrennt werden und somit in den »Zuständigkeitsbereich« der Raum- oder Bauakustik fallen.

Da beide Disziplinen in der Planungspraxis als eigenständige Planungsleistungen betrachtet werden, ist auch dieser Leitfaden in die beiden Teile »Raumakustik« und »Bauakustik« gegliedert. Die gegenseitigen Abhängigkeiten werden innerhalb der Textteile entsprechend beschrieben.



03

Die verschiedenen zu planenden Schritte der Raumakustik und der Bauakustik entlang der Leistungsphasen – eine enge Abstimmung der beiden Disziplinen ist über den gesamten Planungsprozess sinnvoll und notwendig.

1.3 RAUMAKUSTISCHE EINORDNUNG VON OFFENEN RAUMSTRUKTUREN

Offene Raumkonzepte, wie Cluster oder offene Lernlandschaften, sind typologisch mit Großraum- und Kombibüros vergleichbar. Die zentrale Herausforderung besteht darin, Lern-, Arbeits-, Aufenthalts-, Ruhe- und Kommunikationsbereiche mit guten Sicht- und Raumbezügen zu verbinden und akustische Störungen von parallel stattfindenden Nutzungen im gleichen Raumverbund weitgehend zu vermeiden.

Die Tätigkeiten umfassen hier beispielsweise das Lernen und Arbeiten in verschiedenen Gruppengrößen, Präsentationen, pädagogisch-didaktische Impulse, Feedback- und Beratungsgespräche, Einzelarbeit, Spielen und Bewegen, Musizieren, Lesen, Ausruhen und gegebenenfalls gemeinsames Essen in kleineren und größeren Gruppen.⁵ Zentral ist die ungestörte Übertragung von Sprache von der Quelle zum Empfänger, die nicht durch andere gleichzeitig stattfindende Nutzungen gestört werden soll. Hierfür müssen nicht nur entsprechende akustische Anforderungen innerhalb einer Raumzone, sondern auch die akustische Trennung zwischen unterschiedlichen Nutzungen betrachtet werden. Diese Anforderungen werden jedoch auch in den bestehenden nationalen Empfehlungen für Großraumbüros⁶ nicht betrachtet.

Ziel der akustischen Planung ist es, dass die Sprachverständlichkeit innerhalb einer Lerngruppe hoch und das Störgeräusch zwischen verschiedenen Lerngruppen niedrig ist. Eine gute Sprachverständlichkeit wird dabei erreicht, wenn die Nachhallzeit dem Raumvolumen angemessen ist und der Abstand zwischen dem Sprachpegel und dem Hintergrundgeräusch groß ist.

Konventionell wird im Schulbau bei Anforderungen an die Raumakustik zwischen inklusiven und nicht-inkluisiven Nutzungen unterschieden. Zeitgemäße Schulen zeichnen sich aus unserer Sicht jedoch durch eine inklusive Nutzung aller Flächen im Sinne einer individuellen Förderung aller Schüler*innen aus. Vor diesem Hintergrund besteht der Anspruch an die Akustik, dass die Settings den verschiedenen Bedarfen aller Lernenden entsprechen. So gibt es Lernende, die eine ruhige Umgebung benötigen, andere lernen besonders gut in etwas belebteren Settings; akustische Faktoren können es unterstützen, dass z.B. Menschen mit Hörbeeinträchtigungen oder Menschen unterschiedlicher Muttersprachen gleichberechtigt am Schulleben teilhaben können.

5. Vgl. Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft / BDA / VBE, *Leitlinien*
6. VDI 2569:2019-10, Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros; BAuA, *ASR A 3.7 Lärm*

Das bedeutet nicht, dass jeder Raumbereich die gleichen hohen Ansprüche an die Sprachverständlichkeit erreichen muss. Vielmehr geht es darum, Zonen unterschiedlicher Qualität auszubilden, sodass der Gesamttraum einer Vielzahl unterschiedlicher Bedarfe gerecht werden kann. Die Planung der Raumakustik sollte zu diesem Zweck eng mit der Möblierungs- und Lichtplanung zusammen konzipiert werden.

1.4 **BAUAKUSTISCHE EINORDNUNG VON OFFENEN RAUMSTRUKTUREN**

Für die Bauakustik ist die Qualität der akustischen Abtrennungen innerhalb von Clustern und offenen Lernlandschaften bedeutend. Dabei geht der Wunsch nach Transparenz und Sichtbeziehungen einher mit speziellen Anforderungen an den Schallschutz von Wänden, die sich von denen im konventionellen Schulbau unterscheiden.

Im herkömmlichen Verständnis von Schallschutz im Schulbau liegt der Fokus auf der Abschirmung zwischen einem »fremden« und dem »eigenen« Bereich sowie zwischen »Verkehrs-« und »Nutzflächen«. Cluster und offene Lernlandschaften stellen jedoch große, gemeinschaftlich genutzte Bereiche mit unterschiedlichen Abtrennungen dar. Erschließungsfunktionen überlagern sich hier mit anderen Nutzungen. Lernorte, Raumbereiche für Teamarbeit und Differenzierung stehen in direktem organisatorischem Zusammenhang und unterscheiden sich somit grundlegend von konventionellen Klassenräumen.

Somit geht es nicht nur um akustische Entkoppelung, sondern auch um gewünschte Hörbeziehungen oder den erforderlichen Grad an Vertraulichkeit zwischen abtrennbaren Bereichen in einer Einheit. So ist es nicht zielführend (und wäre mit hohen Kosten verbunden), an transparente Wände innerhalb von Clustern und offenen Lernlandschaften, die gute Sichtbeziehungen ermöglichen sollen, die gleichen hohen Anforderungen zu stellen wie an die Flurwände konventioneller Klassenräume.

Die konkreten Anforderungen an die verschiedenen Wände innerhalb von Clustern oder offenen Lernlandschaften festzulegen, stellt eine Herausforderung für die bauakustische Planung dar. Denn die Qualität und Nutzung dieser Räume kann sich je nach pädagogischem Konzept und architektonischem Entwurf stark unterscheiden: Instruktionsräume, individuelle Arbeitsorte, Gruppenräume, Bereiche für Differenzierung, Teamarbeit und Rückzug usw. Typologisch ähneln sie offenen Bürokonzepten, weshalb einige Anforderungen aus dem Bürobau sinngemäß übertragen werden können.

Auch im internationalen Kontext lassen sich kaum eindeutige Anforderungen für diese unterschiedlichen Räume finden. Beispielsweise werden in den österreichischen Schulbaurichtlinien⁷ im Zusammenhang mit Clustern nur sehr allgemein »Klassenzimmer« und »Nebenräume« aufgeführt. Die britischen Richtlinien⁸ listen eine ganze Reihe von Raum- und Nutzungsformen auf, deren spezifische Nutzungsanforderungen jedoch nicht näher ausgeführt werden. In den dänischen Baurichtlinien⁹ finden sich eindeutige Beschreibungen für die Anforderungen an Wände zwischen Unterrichts- und Gemeinschaftsbereichen; für weitere abtrennbare Bereiche innerhalb der gemeinsamen Nutzungseinheit werden jedoch lediglich Anforderungen an »flexible Raumteiler« erwähnt, wobei damit auch nicht raumabschließende Elemente inkludiert sind, für die in der Planungspraxis raumakustische Parameter besser geeignet sind.

In Deutschland kommt erschwerend hinzu, dass die Vorgaben der DIN 4109 für den Schulbau bauaufsichtlich vorgegeben sind.¹⁰ Daher muss im Schallschutznachweis dargelegt werden, dass sich diese auf Raumabtrennungen innerhalb der Nutzungseinheiten von Clustern und offenen Lernlandschaften nicht anwenden lassen.

Teil 1

RAUMAKUSTIK

2. RAUMAKUSTISCHE PARAMETER UND RICHTLINIEN

2.1 RELEVANTE RAUMAKUSTISCHE GRÖSSEN

In den Organisationsformen Cluster und offene Lernlandschaft kommen verschiedene akustische Aspekte zusammen, die mit unterschiedlichen akustischen Parametern abgebildet werden können. Nachfolgend werden diese Parameter und ihre Bedeutung im Kontext offener Schulraumkonzepte kurz vorgestellt und eingeordnet.

2.1.1 NACHHALLZEIT

Die Nachhallzeit beschreibt den Abklingvorgang eines Schallereignisses im Raum und dient somit als objektiver Parameter zur Bestimmung der (empfundenen) Halligkeit eines Raumes. Sie quantifiziert, in welcher Zeit die räumlich gemittelte Schallenergie dichte nach Abschalten einer Schallquelle im Raum um 60 dB abgeklungen ist.¹¹ Sie ist direkt vom Volumen und den schallabsorbierenden Flächen des Raumes abhängig. Die Nachhallzeit T wird dabei in Sekunden angegeben.



Die Nachhallzeit spielt bei konventionellen Klassenräumen, noch mehr jedoch in offenen Raumsystemen eine entscheidende Rolle. Und das sowohl in Bezug auf den entstehenden Geräuschpegel als auch auf die zu erreichende Sprachverständlichkeit. Höhere Nachhallzeiten führen zu höheren Geräuschpegeln, da der Raum mit seinen Schallreflexionen als Verstärker dient. Zudem wird durch Nachhall die Modulationstiefe der Sprache reduziert – die Sprache »versinkt« im Nachhall –, was zu einer verringerten Sprachverständlichkeit führt. Im Umkehrschluss führt ein zu schallabsorbierender Raum dazu, dass weniger Reflexionen den Hörer erreichen, wodurch der nutzbare Sprachpegel reduziert wird. Zudem wird ein zu gedämpfter Raum als unnatürlich empfunden, weil die umgebenden Raumflächen zwar optisch wahrgenommen werden, aber der akustische Raumeindruck ausbleibt. Die Sprachverständlichkeit

11. DIN EN ISO 3382-1:2009-10, *Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 1: Aufführungsräume*; Ahnert / Tennhardt, *Raumakustik*
12. Ahnert / Tennhardt, *Raumakustik*
13. DIN 18041:2016-03, *Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planungsakustik*
14. VDI 2569:2019-10, *Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros*

erreicht ihr Maximum also nicht zwingend bei minimaler Nachhallzeit, sondern in einem Zwischenstadium. Wichtig ist, dass nur frühe Reflexionen im Bereich von 50 ms zur guten Sprachverständlichkeit beitragen.¹² Dieser Idealbereich wird in geschlossenen Klassenräumen mit den Zielwerten aus den geltenden Normen erreicht. Hier wird ein möglichst idealer Kompromiss zwischen der Nachhallzeit mit Reflexionen für die Sprachverständlichkeit und gleichzeitiger Bedämpfung für einen möglichst geringen Lärmpegel und einem natürlichen Raumgefühl gefunden. Insbesondere in offenen Lernlandschaften sollte die Nachhallzeit möglichst gering sein, damit die Schallausbreitung durch den gesamten Raum durch die dafür notwendigen absorbierenden Oberflächen verringert und gleichzeitig der Lärm am Ort der Entstehung bestmöglich reduziert wird. Hier sind für eine gute Sprachverständlichkeit innerhalb einer Gruppe eher einzelne reflektierende Flächen in unmittelbarer Umgebung geeignet. Deren Wirkung wird durch die Nachhallzeit, die sich immer auf den gesamten Raum bezieht, jedoch nicht adäquat beschrieben. Außerdem ist in offenen Lernlandschaften meist eher die Sprachverständlichkeit über kurze Entfernungen (z. B. kleine Lerngruppe am Tisch) relevant. Hier wird allein durch die kurze Entfernung eine hohe Sprachverständlichkeit auch ohne Verstärkung durch den Raum erreicht.

2.1.2 HINTERGRUNDGERÄUSCH

Das Hintergrundgeräusch wird im Allgemeinen durch einen äquivalenten A-bewerteten Dauerschallpegel (L_{Aeq}) in dB beschrieben. In den deutschen Raumakustiknormen DIN 18041¹³ und VDI 2569¹⁴ werden der $L_{NA,Bau}$ und der $L_{NA,Betrieb}$ verwendet. Der $L_{NA,Bau}$ bezieht sich auf Außengeräusche, Geräusche aus Nachbarräumen, von haustechnischen Anlagen, Sanitärinstallationen und den fest installierten medientechnischen Geräten. Der $L_{NA,Betrieb}$ schließt zusätzlich noch die Geräusche von mobilen technischen Geräten im Raum ein, wie z. B. Projektoren. Auch die in dieser Studie untersuchten internationalen Regelwerke betrachten den Pegel aller imitierten Geräusche, differenzieren jedoch

nicht zwischen Bau- und Betriebspegel. In Neuseeland wird bei natürlicher Lüftung der Pegel mit geöffnetem Fenster festgestellt. Für die Akustik in offenen Raumkonzepten ist bei Betrachtung der Sprachverständlichkeit jedoch auch der Pegel bei Anwesenheit von Personen und ggf. auch die differenzierte Betrachtung von unterschiedlichen Aktivitäten notwendig. Im Kontext von Schulen sollten also der Betriebsschalldruckpegel $L_{NA, \text{Betrieb}}$ und der Gesamtschalldruckpegel L_{NA} inklusive dem durch die anwesenden Personen verursachten Lärm betrachtet werden, welches in Bezug auf die betroffenen Menschen innerhalb der Raumnutzung die relevanten Pegel sind.

i

Das Hintergrundgeräusch hat verschiedene Einflüsse auf die akustischen Qualitäten von Räumen. Zum einen kann Lärm abhängig von der Einwirkdauer irreversible Schäden am Gehör verursachen. In Schulen sind entsprechende Pegel von $> 70 \text{ dB}$ möglich, aber eher selten anzutreffen.¹⁵ Neben gehörschädigender Wirkung sind aber auch bei geringeren Lärmexpositionen extra-aurale Lärmwirkungen zu beachten. Hiermit sind negative Wirkungen von Lärm gemeint, welche zu Belästigung, einer Beeinträchtigung der kognitiven Leistungsfähigkeit sowie psychologischen und physiologischen Reaktionen in Form von Stressreaktionen führen können, die bei andauernder Belastung negative gesundheitliche Auswirkungen haben können.¹⁶ Hierbei ist zum einen der Pegel relevant, zum anderen aber auch die Informationshaltigkeit des störenden Geräusches. Wird z. B. das gesprochene Wort einer Nachbargruppe verstanden, stört es die Konzentrationsfähigkeit deutlicher als unverständene Sprache, welche sich im Hintergrundgeräusch verliert. Dies führt auch zu einer weiteren Eigenschaft des Hintergrundgeräusches. Für die Sprachverständlichkeit ist ein niedriges Hintergrundgeräusch von Vorteil. Wenn jedoch das Gegenteil erreicht werden und Lerngruppen sich nicht gegenseitig stören sollen, sollte die Sprachverständlichkeit gering sein. Hierfür ist ein höherer Hintergrundgeräuschpegel von Vorteil. Die Sprache »versinkt« im Hintergrundgeräusch, sie wird maskiert. Dieser Vorteil kann jedoch nur in gewissem Maße in der offenen Lernlandschaft gesehen werden, wo gleichbleibend hohe Hintergrundgeräuschpegel wahrscheinlich sind. Diese sollten daher nicht künstlich angestrebt, sondern eher vermieden werden. Bei einem Störpotential zwischen zwei Lerngruppen kann eine Maskierung nicht helfen, da in einer Gruppe ein möglichst minimaler Störgeräuschpegel notwendig ist, damit innerhalb der Gruppe überhaupt eine adäquate Sprachverständlichkeit erreicht werden kann.

15. Mealings, *Classroom acoustic conditions*
16. Vgl. BAuA, *ASR A 3.7 Lärm*
17. DIN EN 60268-16:2012-05, *Elektroakustische Geräte – Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex*

2.1.3 SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT

Die Sprachverständlichkeit kann in unterschiedlichen objektiven Größen ermittelt werden. Eine anerkannte Größe für die Sprachverständlichkeit ist der Speech Transmission Index *STI*. Er wird als Wert zwischen 0 »schlecht« bis 1 »exzellent« angegeben und ist in der DIN EN IEC 60268-16:2020-10 beschrieben.¹⁷ Die Quantifizierung der Verständlichkeit wird über die Ermittlung des Verlusts von Modulationstiefe der Sprache, die von einem Sprecher zu einem Hörer übertragen wird, durchgeführt.



*Neben der oben bereits beschriebenen Abhängigkeit der Sprachverständlichkeit von der Nachhallzeit und dem Hintergrundgeräusch ist sie selbstverständlich auch vom Pegel des Nutzsignals, also des gesprochenen Worts abhängig. Umso lauter das Nutzsignal ist, desto größer ist der Abstand zum Störsignal und desto besser ist die Sprachverständlichkeit. Im Umkehrschluss kann die Sprachverständlichkeit reduziert werden, wenn der Störabstand kleiner wird. Hierfür kann das Störsignal erhöht werden oder das Nutzsignal verringert werden. Letzteres wird durch eine größere räumliche Entfernung zur Quelle oder durch Abschirmungen der Empfänger*innen von der Quelle erreicht. Um Raumbereiche vor der Störung von anderen zu bewahren, sind also ein geeigneter räumlicher Abstand sowie Abschirmungen notwendig. Dies ist in offenen Lernlandschaften relevant, in denen unterschiedliche Nutzungen innerhalb eines Raumes voneinander akustisch bestmöglich getrennt werden sollen. Laute Nutzungen sollten daher räumlich möglichst weit von Nutzungen entfernt und durch Abschirmungen getrennt sein, die sensibel gegenüber Störungen sind. Bei Gruppenräumen in Clustern oder innerhalb von offenen Lernlandschaften sollte auf eine entsprechende Abschirmung zum offenen Bereich geachtet werden. Dies kann durch Abschirmungen, Schallschleusen und insbesondere verschachtelte Raumgeometrien, bei denen sich Raumöffnungen nicht direkt gegenüberstehen, erreicht werden. Die direkte Auswirkung dieser Maßnahmen auf die Schallausbreitung kann durch die Ausbreitungsdämpfung und eine Schallpegeldifferenz beschrieben werden.*

2.1.4 AUSBREITUNGSDÄMPFUNG (VON SPRACHE)

Die Ausbreitungsdämpfung wird durch die Pegelabnahme in dB pro Entfernungverdopplung ausgedrückt und ist eine Größe, mit der die akustische Wirkung des Raumes auf die Ausbreitung des Schalls, unabhängig vom Hintergrundgeräusch oder Signalpegel, beschrieben wird. Eine höhere Ausbreitungsdämpfung führt also dazu, dass der Schalldruckpegel einer Schallquelle im Raum schneller abnimmt. Dies wird durch absorbierende Oberflächen und Hindernisse im Ausbreitungsweg erreicht. Dadurch können dann sogar höhere Dämpfungswerte als im Freifeld, also ohne Raum und Hindernisse erreicht werden. Im Freifeld beträgt die Ausbreitungsdämpfung für Kugelschallquellen 6 dB/Entfernungverdopplung. Für Sprache wird die räumliche Ausbreitungsdämpfung mit dem Parameter $D_{z,s}$ als A-bewertete Abklingrate der Sprache in dB angegeben.

①

In den betrachteten offenen Raumkonzepten gibt die Ausbreitungsdämpfung Aufschluss über die Wirkung der Raumaufteilung und von Abschirmungen zwischen unterschiedlichen Bereichen. Die Wirkung steht dabei immer auch im Zusammenhang mit der Absorption der Raumbegrenzungsflächen. Ein Schallschirm im Ausbreitungsweg kann seine Funktion nur entfalten, wenn die angrenzenden Flächen, wie die Decke, absorbierend sind und die Reflexionen um den Schirm herum gedämpft werden.

2.1.5 SCHALLPEGELDIFFERENZ (FÜR SPRACHE)

Die Schallpegeldifferenz D beschreibt die Differenz des Schallpegels an zwei voneinander entfernten Orten in dB. Der Parameter $D_{A,s}$ beschreibt die A-bewertete Schallpegeldifferenz für Sprache zwischen einem Empfangspunkt in 1 m Entfernung von der Quelle im Freifeld und einem entfernten Empfangspunkt.

2.1.6 SIGNAL-RAUSCH-ABSTAND

Der (A-bewertete) Signal-Rausch-Abstand beschreibt die Pegeldifferenz zwischen einem Nutzsignal und einem Störgeräusch in dB. Er ist relevant für die Sprachverständlichkeit. Wird für die Berechnung des Rauschabstandes ein Sprachpegel benutzt, kann die Speech-to-noise-ratio $SN(A)$ bestimmt werden.

18. DIN 18041:2016-03, *Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung*
19. BAuA, *ASR A 3.7 Lärm*
20. ISO 23591:2021-09, *Acoustic quality criteria for music rehearsal rooms and spaces*
21. <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/normen-und-recht/rechtsverbindlichkeit-durch-normen;>
<https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/ASR/ASR>

2.2 BESTEHENDE NATIONALE UND INTERNATIONALE NORMEN UND RICHTLINIEN

Die folgenden nationalen und internationalen Normen und Richtlinien sind für die Planung der Raumakustik von Clustern und offenen Lernlandschaften bedeutsam. Sie bilden den Kontext und die Basis für die Empfehlungen, die in Kapitel 3 in Form von neuen raumakustischen Zielwerten (**TABELLE 15**) vorgestellt werden.

In Deutschland sind für raumakustische Anforderungen in Schulen drei Regelwerke zu nennen, die in der Praxis üblicherweise Anwendung finden:

- Die DIN 18041¹⁸ gilt als anerkannte Regel der Technik und enthält Anforderungen und Empfehlungen für nahezu alle akustisch relevanten Räume in konventionellen Klassenraum-Flur-Schulen.
- Die ASR A 3.7¹⁹ konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs technische Regeln der Verordnung über Arbeitsstätten in Bezug auf die Akustik. Ihre Schutzziele sind umzusetzen. Sie enthält Anforderungen an Unterrichtsräume, Büros und sonstige Räume für Sprachübertragung.
- Die relativ neue ISO 23591²⁰ bezieht sich auf die Anforderungen von musikalischen Probenräumen und sollte für diese Raumtypen ebenfalls mehr Beachtung finden.

DIN, EN, ISO, ASR

DIN – Deutsches Institut für Normung e. V. ist eine unabhängige Plattform für Normung und Standardisierung in Deutschland. EN-Normen gelten auf europäischer und ISO-Normen auf internationaler Ebene.

Die Anwendung von Normen (DIN EN, ISO etc.) ist grundsätzlich freiwillig. Normen sind nicht bindend. Das unterscheidet sie von Gesetzen. Rechtsverbindlichkeit erlangen Normen dann, wenn Gesetze oder Rechtsverordnungen auf sie verweisen. Da sie aber den Stand der Technik widerspiegeln, bietet die Einhaltung von Normen eine gewisse Rechtssicherheit. DIN-Normen werden von Gerichten als allgemein anerkannte Regeln der Technik herangezogen.

Die technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) präzisieren die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV). Sie beschreiben Maßnahmen, wie Schutzziele und Anforderungen an Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten erreicht werden können. Sie sind nicht rechtlich verbindlich und haben empfehlenden Charakter. Bei abweichenden Lösungen sind die gleiche Sicherheit und der gleiche Schutz der Gesundheit für die Beschäftigten einzuhalten. Die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) wiederum legt verbindliche Bestimmungen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz in Arbeitsstätten fest.²¹

In keinem der drei Regelwerke sind Anforderungen für offene Lernlandschaften und Cluster konkretisiert. Sie enthalten nur Anforderungen an Raumtypen der nach Klassen- und Fachräumen gegliederten »Flurschule«. Aber sie betrachten zusätzliche Anforderungen und Kriterien, die nachfolgend diskutiert werden.

Weitere Regularien, die aufgrund der behandelten Typologien für einen Vergleich mit dem Schulbereich relevant sind und im Folgenden erläutert werden:

- Die VDI 2569²² behandelt keine Schulräume, sondern definiert Anforderungen an Großraumbüros, die ggf. auf offene Lernlandschaften übertragbar sind, da insbesondere die Ausbreitung von Schall in großen Räumen und die kognitive Beeinträchtigung von Personen betrachtet wird.
- Das gleiche gilt für die internationale ISO 22955,²³ die Anforderungen an Büroräume abhängig von Aktivitätstypen stellt.

Darüber hinaus existieren im internationalen Kontext Regelwerke und Normen zur Akustik, die auch explizit auf offene Lernlandschaften im Schulbau eingehen. Dabei sind diese Vorgaben meist in ergänzenden Leitlinien zu den nationalen Anforderungen zu finden. Cluster werden in diesen Leitlinien jedoch nicht explizit behandelt.

In den folgenden Kurzbeschreibungen von Normen, Richtlinien und Empfehlungen anderer Länder wird allein auf die Aussagen zu offenen Lernlandschaften und auf die Unterschiede zu den nationalen Texten eingegangen. Internationale Anforderungen an übliche Raumtypen wie herkömmliche Klassen-, Fach-, Gruppen- und Besprechungsräume werden hier nicht behandelt – für diese Raumtypen sind wie zuvor beschrieben auch hierzulande geeignete Anforderungen vorhanden.

Die betrachteten Leitlinien aus anderen Ländern definieren nicht nur Anforderungen und Empfehlungen, sondern teilweise auch explizit Ausführungsmöglichkeiten und Lösungsvorschläge. Diese können hier nicht alle verglichen werden. Der zugrundeliegende Stand der Wissenschaft und Technik in Bezug auf die akustischen Lösungen unterscheidet sich nicht von denen nationaler Texte, weshalb hier keine starken Unterschiede festzustellen bzw. zu erwarten sind. Im Folgenden werden nur Besonderheiten in Bezug auf organisatorische Lösungen näher erläutert. Die Auflistung der internationalen Regelwerke erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

22. VDI 2569:2019-10, *Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros*

23. ISO 22955:2021-05, *Acoustics – Acoustic quality of open office spaces*

24. DIN 18041:2016-03, *Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung*

- Großbritannien: Acoustics of schools: A design guide, November 2015
- Dänemark: SBi-anvisning 218, Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbygninger (SBI Leitlinie 218, Schallschutz in Unterrichtsbauten und Kindertagesstätten), 2008
- Neuseeland: Designing Quality Learning Spaces (DQLS) – Acoustics, December 2020

2.2.1 DIN 18041:2016-03 – HÖRSAMKEIT IN RÄUMEN – ANFORDERUNGEN, EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE FÜR DIE PLANUNG

Die DIN 18041²⁴ legt die akustischen Empfehlungen und Planungsrichtlinien zur Sicherung der Hörsamkeit vorrangig für die Sprachkommunikation und die Raumbedämpfung einschließlich der dazu erforderlichen Maßnahmen fest. In der Norm werden zwei prinzipielle Nutzungsarten unterschieden:

- Räume der Gruppe A wie z. B. Klassenzimmer, Besprechungsräume
- Räume der Gruppe B wie z. B. Büroräume, Aufenthaltsräume, Verkehrsflächen, Werkstätten, Küchen

Diese Nutzungsarten beziehen sich auf geschlossene Räume mit einer spezifischen Nutzung. Die Trennung oder Verbindung von Raumfunktionen wie in Clustern und offenen Lernlandschaften wird nicht thematisiert. Daher können die Anforderungen der DIN sinnvoll allein auf geschlossene Räume (Gruppenräume, Teamräume, Verkehrsflächen etc.) angewendet werden. Auch Bibliotheken werden durch die DIN 18041 abgebildet, jedoch sind auch die Nutzungskonzepte für Bibliotheken im Umbruch und entwickeln sich zu multifunktionalen Selbstlernzentren mit einer großen Bandbreite an unterschiedlichen Arbeits-, Kommunikations- und Aufenthaltsbereichen. Sie stehen also vor ähnlichen akustischen Herausforderungen wie offene Lernlandschaften.

Räume der Gruppe A

Räume der Gruppe A dienen vorwiegend der Sprachkommunikation über mittlere bis größere Entfernungen. Sie werden entsprechend ihrer vorgesehenen Nutzung in die Nutzungsarten A1 bis A5 eingeteilt, für welche Anforderungen an die Soll-Nachhallzeit T_{soll} festgelegt sind.

Die Sollwerte der Nachhallzeit für die entsprechende Nutzungsart sind nach DIN 18041 in Abhängigkeit vom Volumen zu berechnen. In größeren Räumen sind längere Nachhallzeiten günstig und tolerabel, in kleineren Räumen kürzere Nachhallzeiten. Zudem wird so dem natürlichen Höreindruck einer höheren Halligkeit in größeren Räumen eher entsprochen.

Die frequenzabhängige Betrachtung der Nachhallzeit ist dabei zwingend erforderlich. Die DIN 18041 definiert in **ABSCHNITT 4.2.3** hierzu frequenzabhängige Toleranzbereiche. Die Anforderungen an die Nachhallzeit beziehen sich auf den besetzten Zustand (Besetzungsgrad: 80 % der Regelbesetzung) des jeweiligen Raumes und gelten für die relevanten Nutzungsszenarien des Raumes.

Folgende Nutzungsarten werden durch die Norm in der **Gruppe A** definiert:

A1: Musik

A2: Sprache / Vortrag

A3: Sprache / Vortrag inklusiv bzw. Unterricht / Kommunikation

A4: Unterricht / Kommunikation inklusiv

A5: Sport

Zur Notwendigkeit, Räume akustisch auch für inklusive Nutzungen zu optimieren, hält die DIN 18041 folgendes fest: »Aus dem Behindertengleichstellungsgesetz, vergleichbaren Landesregelungen und der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen ergibt sich, dass der Öffentlichkeit zugängliche Neubauten inklusiv zu errichten sind, soweit dies nicht nur mit einem unverhältnismäßigen Mehraufwand erfüllt werden kann. Näheres ist den jeweiligen Landesgesetzen zu entnehmen.«

Hierbei wird davon ausgegangen, dass Personen mit Hörschädigungen, aber auch »Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen, Leistungsbeeinträchtigungen« kürzere Nachhallzeiten benötigen. Dies gilt auch »für die Kommunikation mit Personen in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde«.

Im Sinne einer inklusiven Bauweise sind daher alle Lernräume der entsprechenden inklusiven Nutzungsart nach DIN 18041 zuzuordnen: (A2 → A3, A3 → A4).

Für Räume der Gruppe A werden außerdem geeignete Anforderungen an den Störschalldruckpegel angegeben. Es wird empfohlen, dass der Pegel des nutzbaren Sprachsignals für eine geeignete Hörsamkeit 10 dB über dem Störsignal liegen sollte. Für Klassenräume in der inklusiven Nutzungsart A4 wird ein Pegel von $L_{NA,Bau}$ und der $L_{NA,Betrieb} \leq 35$ dB gefordert.

Räume der Gruppe B

Räume der Gruppe B dienen der Kommunikation über kurze Entfernungen. Hier steht nicht die Sprachverständlichkeit, sondern vor allem die Lärmreduktion im Vordergrund. Es werden Maßnahmen zur Raumbedämpfung empfohlen. Damit werden eine Senkung des mittleren Grundgeräuschpegels im Raum und eine Begrenzung der Halligkeit erreicht.

In Räumen der Gruppe B werden Empfehlungen für das A/V-Verhältnis, also das Verhältnis von der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A des Raumes zum Raumvolumen V , im Frequenzbereich von 250 Hz bis 2 kHz angegeben. Die Sollwerte für das A/V-Verhältnis berechnen sich aus der Raumhöhe. Das A/V-Verhältnis sollte nicht unterschritten werden.

Folgende Nutzungsarten werden durch die DIN 18041 in der **Gruppe B** definiert:

- B1:** Räume ohne Aufenthaltsqualität, z. B. reine Verkehrsflächen
- B2:** Räume zum kurzfristigen Verweilen, z. B. Umkleiden in Sporthallen, Verkehrsflächen
- B3:** Räume zum längerfristigen Verweilen, z. B. Speiseräume, Kantinen, Labore, Bibliotheken
- B4:** Räume mit Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort, z. B. Mehrpersonenbüros
- B5:** Räume mit besonderem Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort, z. B. Speiseräume in Schulen, Werkräume, Bewegungsräume, Spielfläure

Neue Raummodelle wie Cluster oder offene Lernlandschaften werden in der DIN also nicht aufgeführt. Typologisch sind sie mit den Räumen der Kategorien B4 oder B5 verwandt. Allerdings wird die reine Fokussierung auf die Gesamtabsorptionsflächen den komplexen akustischen Anforderungen dieser Bereiche nicht gerecht.

2.2.2 ASR A 3.7 2021 – TECHNISCHE REGELN FÜR ARBEITSSTÄTTEN – LÄRM

Die ASR A 3.7²⁵ – Lärm konkretisiert die beim Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten einzuhaltenden Anforderungen der rechtlich verbindlichen Arbeitsstättenverordnung und legt Mindestanforderungen für Büro- und Unterrichträume sowie sonstige Arbeitsräume für Sprachkommunikation fest. Die Anforderungen werden durch Zielwerte für die Nachhallzeit T in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2 kHz und einen mittleren Absorptionsgrad $\bar{\alpha}$ definiert. Bei Einhaltung dieser Technischen Regeln kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung erfüllt sind. Die Soll-Nachhallzeiten können **TABELLE 1** entnommen werden.

Raumtyp	Raumakustischer Anforderungswert	Höchstwerte für A-bewertete äquivalente Dauerschall-druckpegel L_{pAeq} durch Hintergrundgeräusche
Ein- und Zweipersonenbüros	$T \leq 0,8$ s	40 dB(A)
Mehrpersonenbüros	$T \leq 0,6$ s	45 dB(A)
Unterrichtsräume	T volumenabhängig s. T_{Soll} nach DIN 18041	35 dB(A)
Sonstige Räume für Sprachkommunikation	$\bar{\alpha} = 0,30$ Mittelwert von 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz Alternativ bei Räumen > 1000 m ³ : 5 dB Ausbreitungsdämpfung zw. 0,75 m bis 6 m (Mittelwert von 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz)	

TABELLE 1: Raumakustische Anforderungen und Anforderungen an Hintergrundgeräuschpegel nach ASR A 3.7 für die betreffenden Raumkategorien

25. BAuA, ASR A 3.7 Lärm

26. ISO 23591:2021-09, *Acoustic quality criteria for music rehearsal rooms and spaces*

Für Arbeitsräume mit mehr als 1.000 m³, die nicht in die Kategorien Büro oder Unterrichtsraum fallen, wird eine Anforderung an die Begrenzung der Schallausbreitung im Raum definiert. Im Abstandsbereich von 0,75 m bis 6 m wird eine mittlere Schalldruckpegelabnahme in den Oktavbändern mit den Mittenfrequenzen von 500 Hz bis 4.000 Hz je Abstandsverdopplung von mindestens 4 dB gefordert. Hiermit werden grundlegende raumakustische Maßnahmen zur Reduzierung der Nachhallzeit vorausgesetzt und ein gewisser Schutz durch Abschirmung beurteilt.

Für geschlossene (Gruppen-)Räume sind die Anforderungen der ARS identisch mit der DIN 18041 und damit sinnvoll anzuwenden. Die Anforderungen für »sonstige Räume für Sprachkommunikation« größer als 1000 m³ sind durch das hier aufgeführte Kriterium der Ausbreitungsdämpfung auch im Kontext von offenen Lernlandschaften interessant. Die in dieser Studie beschriebenen neuen Anforderungen an Cluster und offene Lernlandschaften gehen aber über die hier genannten Anforderungen noch hinaus (siehe 3.2).

2.2.3 ISO 23591:2021-09 – ACOUSTIC QUALITY CRITERIA FOR MUSIC REHEARSAL ROOMS AND SPACES

Die internationale Norm ISO 23591²⁶ enthält Anforderungen und Planungshinweise für Musik-Probenräume und Aufführungsstätten. Da in vielen Schulen nicht mehr nur die üblichen Musikräume vorkommen, sondern auch spezielle Räume für Bands, Orchester- und Instrumentenproben geschaffen werden, ist es sinnvoll, auch hierfür geeignete Vorgaben anzuwenden. Die relativ neue ISO 23591 setzt hierfür geeignete und praxisnahe Anforderungen.

Ziel der Vorgaben aus der Norm ist es zum einen, eine gute Hörsamkeit der Musiker*innen untereinander und für sich selbst zu schaffen und zum anderen, die Lautstärke im Raum auf ein sinnvolles Maß zu reduzieren. Die ISO 23591 enthält Anforderungen an die Nachhallzeit. Außerdem werden Toleranzgrenzen zum Frequenzbereich und detaillierte Informationen zu sinnvollen Maßnahmen angegeben.

2.2.4 VDI 2569:2019-10 – SCHALLSCHUTZ UND AKUSTISCHE GESTALTUNG IN BÜROS

Die VDI 2569²⁷ stellt als Richtlinie für Akustik in Büroräumen Empfehlungen und Bewertungskriterien bereit, mit denen der raumakustische Komfort differenziert bewertet wird. Inhaltlich ist sie nicht für Schulräume gedacht und allenfalls für konzentriertes Einzelarbeitsplätze im offenen Bereich geeignet. Jedoch können die Anforderungswerte zum Vergleich herangezogen werden, da die erweiterten Parameter für Großraumbüros ähnlichen Herausforderungen begegnen wie in offenen Lernlandschaften.

In der VDI 2569:2019-10 werden zusätzlich zur Nachhallzeit auch Kenngrößen der kognitiven Leistungsfähigkeit wie die räumliche Abklingrate der Sprache $D_{2,S}$ sowie der A-bewertete Schalldruckpegel der Sprache in einem Abstand von 4 m $L_{p,A,S,4m}$ betrachtet, welche die Abschirmung zwischen Arbeitsplatzbereichen entlang von Messpfaden bewerten. In **TABELLE 2** sind die Empfehlungen der VDI an die Kenngrößen für Einzelbüros, in **TABELLE 3** für kleine Mehrpersonbüros und in **TABELLE 4** und **TABELLE 5** für Großraumbüros dargestellt. Dabei werden Zielwerte anhand von Raumakustik-Klassen in Qualitäts- bzw. Komfort-Niveaus aufgeteilt. Die Klasse A beschreibt das höchste Niveau und ist z.B. gut geeignet für Call Center und Räume mit kommunikationsintensiven Nutzungen. Die Klasse B ist *gut* geeignet für Räume für »Vertrieb, Konstruktion und Verwaltung«. Die Klasse C ist *noch* geeignet für die zuletzt genannten Raumtypen.

Auf einen weiteren Parameter zur Beschreibung der Störung von Mitarbeitenden geht die VDI 2569 nur im Anhang D im Zusammenhang mit Maskierungssystemen ein. Der Ablenkungsabstand r_D beschreibt den Abstand, bei dem der Sprachverständlichkeitsindex STI unter 0,5 fällt. Die Konzentrationsfähigkeit wird ab diesem Wert für Sprache von störenden, entfernten Quellen schlagartig besser.²⁸ Ab einem STI von 0,2 wird davon ausgegangen, dass Sprache verständlich ist und somit nicht mehr störend wahrgenommen wird. Zudem können vertrauliche Gespräche nicht mehr verstanden werden.²⁹ Dieser Abstand wird Vertraulichkeitsabstand (gem. DIN EN ISO 3382-3³⁰) genannt. In der VDI wird festgehalten, dass bei Hintergrundgeräuschpegeln von etwa 40 bis 45 dB sinnvolle Ablenkungsabstände eingehalten werden können.

Die Nennung des Ablenkungsabstandes ist besonders interessant, da dieser bei einem angemessen leisen Hintergrundgeräuschpegel nur durch einen größeren räumlichen Abstand zwischen den zu betrachtenden Raumsituationen erreicht werden kann bzw. durch geeignete abschirmende Maßnahmen, wie sie durch die vorgenannten weiteren Parameter der kognitiven Leistungsfähigkeit bewertet werden. Es sind also abschirmende Maßnahmen zusammen mit einem

27. VDI 2569:2019-10, Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros
 28. DIN EN ISO 3382-3:2022-04, Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros
 29. Hongisto, A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance
 30. DIN EN ISO 3382-3:2022-04, Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros

Raumakustik-Klasse	Nachhallzeit T 125 Hz	Nachhallzeit T 250 Hz bis 4 kHz	$L_{NA,Bau}$
A	$\leq 0,8$ s	$\leq 0,6$ s	≤ 30 dB
B	$\leq 1,0$ s	$\leq 0,8$ s	≤ 35 dB
C	$\leq 1,2$ s	$\leq 1,0$ s	≤ 40 dB

TABELLE 2: Empfehlungen für die Nachhallzeit T und den Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$ in kleinen Einzelbüros

Raumakustik-Klasse	Nachhallzeit T 125 Hz	Nachhallzeit T 250 Hz bis 4 kHz	$L_{NA,Bau}$
A	$\leq 0,6$ s	$\leq 0,4$ s	≤ 35 dB
B	$\leq 0,7$ s	$\leq 0,5$ s	≤ 40 dB
C	$\leq 0,9$ s	$\leq 0,7$ s	≤ 40 dB

TABELLE 3: Empfehlungen für die Nachhallzeit T und den Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$ in kleinen Mehrpersonenbüros

Stufe der Schallausbreitung	$D_{2,s}$	$L_{p,A,s,4m}$
1	≥ 8 dB	≤ 47 dB
2	≥ 6 dB	≤ 49 dB
3	≥ 4 dB	≤ 51 dB

TABELLE 4: Empfehlungen für die Kenngrößen zur Einstufung der Messpfade in Großraumbüros

Raumakustik-Klasse	Empfehlungen für die Kenngrößen	Nachhallzeit T 125 Hz	Nachhallzeit T 250 Hz bis 4 kHz	$L_{NA,Bau}$
A	$\frac{2}{3}$ der Pfade in Stufe 1 restliche Pfade mindestens in Stufe 2	$\leq 0,8$ s	$\leq 0,6$ s	≤ 35 dB
B	$\frac{2}{3}$ der Pfade in mindestens Stufe 2 restliche Pfade mindestens in Stufe 3	$\leq 0,9$ s	$\leq 0,7$ s	≤ 40 dB
C	$\frac{1}{3}$ der Pfade in mindestens Stufe 2 restliche Pfade mindestens in Stufe 3	$\leq 1,1$ s	$\leq 0,9$ s	≤ 40 dB

TABELLE 5: Empfehlungen für die Kenngrößen und den Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$ in Großraumbüros

passenden Verhältnis von Quellsignal und Hintergrundgeräusch notwendig, damit Störungen sinnvoll vermieden werden. Dasselbe gilt für den Vertraulichkeitsabstand.

Beide Größen sind auch auf die Belange von offenen Lernlandschaften übertragbar. Die wichtigen Übergänge bei einem STI von 0,5 und 0,2 finden sich auch in den nachfolgend beschriebenen internationalen Leitlinien wieder.

2.2.5 ISO 22955 ACOUSTICS – ACOUSTIC QUALITY OF OPEN OFFICE SPACES

Die ISO 22955³¹ stellt auf internationaler Ebene Anforderungen für Büroräume auf, die als Planungsgrundlage vor allem den Umfang an Aktivität und die Kommunikationsform in verschiedenen Bürosituationen heranzieht. So werden zum einen akustische Zielgrößen innerhalb von Nutzungsarten definiert und zum anderen auch die Kombination verschiedener Nutzungsarten. Hierfür definiert die ISO 6 Raumtypen:

Space type 1: activity not known yet – vacant floor plate

Space type 2: activity mainly focusing on outside of the room communication (by telephone / audio / video)

Space type 3: activity mainly based on collaboration between people at the nearest workstations

Space type 4: activity based on a small amount of collaborative work

Space type 5: activity that can involve receiving public

Space type 6: combining activities within the same space

Die für die Raumtypen festgelegten Anforderungen basieren vor allem auf Pegeln und der Nachhallzeit. Es werden Angaben zu Arbeitsplatzlärmpegeln, der räumlichen Abklingrate von Sprache und der Dämpfung bzw. Pegeldifferenzen von Sprache gemacht.

Für offene Raumstrukturen in Schulen ist insbesondere der Space type 6 für die Kombination verschiedener Aktivitäten innerhalb eines Raumbereiches von Bedeutung, da er einen Bereich abdeckt, der von den anderen Normen nicht erfasst wird. Zunächst werden für diesen Typ 6 Lärmpegel für Arbeitsplätze mit unterschiedlichen Aktivitätstypen festgelegt. Darauf aufbauend werden Schallpegeldifferenzen zwischen den unterschiedlichen Zonen definiert (**TABELLE 6**). Die daraus resultierenden Anforderungswerte stimmen ungefähr mit den Werten für die Akustische Dämpfung von Sprache zwischen zwei Arbeitsgruppen überein, wie sie in den Dänischen Leitlinien beschrieben werden (**ABSCHNITT 2.2.7**).

Sender / Empfänger Raum- nutzung	Informelle Bespre- chungen (open plan)	Telekommu- nikation (Telefon / Videotelefonie)	Gruppen- arbeit	Einzel- arbeit	Konzentrierte Telefonate	Konzentrierte Einzel- arbeit
Sozialräume	15	15	18	24	27	32
Informelle Bespre- chungen (open plan)	15	12	15	21	24	29
Telekom- munikation (Telefon / Video- telefonie)			12	18	21	29
Gruppen- arbeit				18	21	26
Einzelarbeit					18	23
Konzen- trierte Telefonate					21	26

TABELLE 6: Potentielle $D_{A,S}$ Bewertungen zwischen unterschiedlichen Raumnutzungen. Aus Tabelle 6, ISO 22955³² und Harvie-Clark et al. 2008³³ aus dem Englischen.

Anmerkung 1: Um den Geräuschpegel im Sozialraum unter Kontrolle zu halten und den Lombard-Effekt zu vermeiden, ist ein gewisses Maß an Absorption erforderlich. Es wird empfohlen, eine Absorptionsfläche von mindestens 90 % der Bodenfläche vorzusehen. $A/S_{\text{Floor}} = 0,9$.

Anmerkung 2: Diese Werte wurden auf der Grundlage von Annahmen über den Hintergrundschallpegel, den Stimmumfang der Quelle und das vorgeschlagene Signal-Rausch-Verhältnis abgeleitet. Diese Werte können je nach den Gegebenheiten variieren.

- 32. ISO 22955:2021-05, *Acoustics – Acoustic quality of open office spaces*
- 33. Harvie-Clark / Larrieu / Opsanger, ISO 3382-3: *Necessary but not sufficient*
- 34. IOA / ANC, *Acoustics of Schools: a design guide*
- 35. EFA, *Acoustic design of schools: performance standards – Building bulletin 93*

2.2.6 GROSSBRITANNIEN: ACOUSTICS OF SCHOOLS, NOVEMBER 2015

Die britische Leitlinie *Acoustics of schools: A design guide*³⁴ vom Institute of Acoustics (IOA) und der Association of Noise Consultants (ANC) ergänzt die Standards für Akustik in Schulen in Großbritannien, welche in *Acoustic Design of Schools: Performance Standards, Building Bulletin 93* (BB93) aus dem Jahr 2015³⁵ festgelegt sind. Es wird detailliert auf die Anforderungen und möglichen Maßnahmen für Raum- und Bauakustik in Schulen und allen möglichen Raumtypen eingegangen. Die hier betrachteten Open Plan Schools sind bereits im BB93 mit Anforderungen an die Nachhallzeit vertreten. Durch den Design Guide wird jedoch detailliert auf die Besonderheiten dieser Typologie, z. B. in Bezug auf das Störpotential von einzelnen Gruppen untereinander und die daraus resultierenden Anforderungen eingegangen.

Neben dem Hinweis auf die Relevanz von möglichst sehr kurzen Nachhallzeiten und einer konkreten Mindestanforderung an diese (TABELLE 7) wird als Kriterium für die akustische Güte der Räume die Sprachverständlichkeit in Form der Größe *STI* angesetzt. Es wird unterschieden zwischen der notwendigen Sprachverständlichkeit innerhalb einer Lerngruppe und der maximal zulässigen Sprachverständlichkeit zwischen unterschiedlichen Lerngruppen. Innerhalb einer Gruppe sollte der *STI* selbstverständlich relativ hoch sein. Unterschiedliche Gruppen sollten sich jedoch möglichst wenig stören.

Dies wird durch einen niedrigen *STI* zwischen den Gruppen sichergestellt (TABELLE 8). Gleichzeitig betont der Guide jedoch auch, dass in Lernsituationen, in denen Sprachverständnis von einzelnen Vortragenden Personen nicht im Vordergrund steht, sondern individuelle Tätigkeiten und Kommunikation im offenen Raum stattfinden, an die Sprachverständlichkeit keine solch hohen Anforderungen bestehen. Hier sind im Allgemeinen die Abstände zwischen den kommunizierenden Personen geringer, die kommunizierten Inhalte sind weniger dringend und die Kommunikation ist reduziert.

Aktivität	Maximale mittlere Nachhallzeit (arithmetisches Mittel von 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz) ¹⁾	Höchstwerte für A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel durch Hintergrundgeräusche in Innenräumen ²⁾ $L_{Aeq, 30\text{mins}}$ dB
Offene Lernlandschaften	$\leq 0,5$ s	40 + 3 dB, 45 + 3 dB
Große offene Pausenbereiche	$\leq 1,2$ s	40 + 3 dB, 45 + 3 dB

TABELLE 7: Anforderungen an die Nachhallzeit durch Canning et al.³⁶ in unbesetzten Räumen. Übersetzt aus dem Englischen.

1) Für Räume für Schüler*innen mit besonderen Hör- oder Kommunikationsbedürfnissen wird der Mittelwert über die Oktaven 125 Hz bis 4 kHz gebildet.

2) Gesamte Hintergrundgeräusche in Abwesenheit von Personen.

Aktivität	STI	STI für Schüler*innen mit besonderen Anforderungen an das Hören
Unterricht oder konzentriertes Zuhören, innerhalb einer Gruppe	$\geq 0,6$	$\geq 0,75$
Konzentriertes Zuhören, zwischen Gruppen	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$

TABELLE 8: Anforderungen an den STI durch Canning et al.³⁷ Übersetzt aus dem Englischen.

36. IOA / ANC, *Acoustics of Schools: a design guide*
 37. Ebd.
 38. IOA / ANC, *Acoustics of Schools: a design guide*

Wichtig ist der weiterführende Hinweis der Leitlinien, dass in bestimmten Situationen, insbesondere für Schüler*innen mit besonderen Höranforderungen, sehr junge Schüler*innen und Menschen, deren Muttersprache nicht Englisch ist, höhere Anforderungen ($STI \geq 0,75$) angesetzt werden müssen. Da dieser Wert nicht überall und auf jedem Platz erreichbar ist, müssen gesonderte, geschützte Räume innerhalb der Lernlandschaften geschaffen werden. Die Konzepte von offenen Lernlandschaften werden in der Leitlinie in drei Kategorien unterteilt: »fully open plan«, »semi-open plan« und »flexible open plan«. Die Unterschiede sind in **TABELLE 9** dargestellt.

Konzept	Beschreibung
<i>Fully open plan</i>	Offener Raum, nur unterteilt durch flexible, nicht fest installierte Möbel
<i>Semi-open plan</i>	Grundsätzlich offene Zone, mit durch Wände abgetrennten Unterrichtsräumen mit Öffnungen zum Großraum
<i>Flexible open plan</i>	Unterrichtsräume können flexibel geöffnet und geschlossen werden

TABELLE 9: Konzepte für offene Lernlandschaften gemäß Canning et al.³⁸
 Übersetzt aus dem Englischen.

2.2.7 DÄNEMARK: SBI-ANVISNING 218, SCHALLSCHUTZ IN UNTERRICHTSBAUTEN UND KINDERTAGESSTÄTTEN

Die Planungsanweisung *Schallschutz in Unterrichtsbauten und Kindertagesstätten* des Dänischen Bauforschungsinstitutes³⁹ ist eine Ergänzung der Schallschutzvorgaben aus der Dänischen Bauordnung.⁴⁰ Sie enthält Empfehlungen zu zeitgemäßen Schulen und auf Grund der gestiegenen Nachfrage auch explizit Empfehlungen für offene Lernlandschaften (Åbenplanskoler). Der Leitfaden fußt unter anderem auf den Erkenntnissen, die allen voran bei den Lernlandschaften der Hellerup Skole (Baujahr 2002) nördlich von Kopenhagen gewonnen wurden, welche nach wie vor pädagogisch und räumlich als gelungene Umsetzung einer offenen Lernlandschaft gilt.⁴¹ Der Leitfaden ist im internationalen Vergleich der ausführlichste Text für die Planung der Akustik von offenen Lernlandschaften. Dabei drückt sich in dem Text eine eher vorsichtige Haltung aus akustischer Perspektive gegenüber Offenheit im Schulbau aus. Im Einleitungstext für das Kapitel zu den offenen Lernlandschaften wird vorangestellt, dass völlig offene Grundrisse im Schulbau zu vermeiden sind, weil sich der hohe Umgebungslärm und das Störpotential durch Mitschüler*innen negativ auf die Sprachverständlichkeit auswirken. Insbesondere für Grundschulkinder seien offene Grundrisse nicht zu empfehlen, weil jüngere Kinder viel weniger in der Lage seien, bei geringerem Signal-Rausch-Abstand gesprochene Sprache zu verstehen.⁴²

Wie in den vorgenannten Empfehlungen aus Großbritannien wird in den dänischen Leitlinien darauf hingewiesen, dass die Definition von Anforderungen an die Nachhallzeit und den Störgeräuschpegel nicht ausreichen, sondern dass aus den vorgenannten Gründen weitere Parameter wie der *STI* als Größe für die Sprachverständlichkeit genutzt werden müssen. Außerdem wird darauf hingewiesen, dass in großen Räumen auch die Schalldämpfung zwischen den einzelnen Gruppen betrachtet werden muss. **TABELLE 10** enthält die von Dan Hoffmeyer 2008⁴³ angegebenen Anforderungen für offene Lernlandschaften.

39. SBi, *SBi-anvisning 218*
 40. SBST, *Bygningsreglementet BR18*
 41. Møller Petersen / Rasmussen, *Acoustic design of open plan schools and comparison of requirements*
 42. Diese Einschätzung stimmt mit den Empfehlungen der DGUV überein, die für Grundschulkinder eine geringere Nachhallzeit von 0,3 s nahelegen (Vgl. Maue, *Akustische Gestaltung von Klassenzimmern*).
 43. SBi, *SBi-anvisning 218, Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbygninger*
 44. Die Werte dienen nur als grobe Orientierung in der frühen Planungsphase eines Projektes.

Raumakustische Größe	Empfohlener Wert
Nachhallzeit ¹⁾	0,3 – 0,4 s
Akustische Dämpfung der Sprache zwischen zwei Unterrichtsgruppen	15 – 20 dB
Ausbreitungsdämpfung pro Entfernungsverdopplung	5 – 8 dB
STI innerhalb Unterrichtsgruppen	> 0,6
STI zwischen Unterrichtsgruppen	< 0,2
Geräuschpegel L_{Aeq} (technische Anlagen und Quellen im Freien)	30 dB
Absorptionsfläche, A	
Offene Unterrichtsbereiche ²⁾	≥ 1,3 x Grundfläche
Gemeinschaftsbereiche mit Raumhöhe größer als 4 m und Raumvolumen größer als 300 m ³	≥ 1,2 x Grundfläche

TABELLE 10: Empfehlungen zu raumakustischen Parametern durch Dan Hoffmeyer⁴⁴

- 1) In der Leitlinie wird kein Hinweis auf den besetzten oder unbesetzten Zustand gegeben.
 2) In der Leitlinie und den Bauvorschriften wird gesagt, dass Raumhöhen über 3,5 m vermieden werden sollten.

Neben diesen konkreten Anforderungen werden in den Leitlinien organisatorische und bauliche Maßnahmen benannt, um geeignete akustische Voraussetzungen zu schaffen. Wichtig sind hier die Hinweise zur Trennung von lärmempfindlichen und lärmenden Unterrichtsgruppen und die Unterbringung von bestimmten lärmintensiven Fächern in abgeschlossenen Räumen wie Musik, Sport und ggf. Sprachen. Außerdem sollen Ruhe- und Lärmschutzräume zur Verfügung stehen. Zwischen zwei Unterrichtsgruppen sollte der maximal mögliche Abstand gewählt werden. Die Offenheit der Lernzonen sollte sich an der Lautstärke der Gruppen orientieren. Ältere Schüler*innen werden eher ruhiger und jüngere unruhiger angenommen. Ein wichtiger Punkt ist zudem der Hinweis, dass die Deckenhöhe auf maximal 3,5 m begrenzt werden sollte und die Decke dabei hochabsorbierend ausgeführt werden muss. Bodenbeläge sollten lärmindernd ausgeführt sein.

Die in der Tabelle aufgeführten Zielvorgaben für die Absorptionsflächen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Planung der Innenraumwände und die Möblierung. Die Angaben verdeutlichen, dass hochabsorbierend ausgeführte Decken allein nicht ausreichen, um die erforderlichen Nachhallzeiten zu erreichen. Daher müssen bereits in einem frühen Entwurfsstadium ausreichende Wandflächen und ggf. Möbel vorgesehen werden, die akustisch wirksam sind.

2.2.8 NEUSEELAND: DESIGNING QUALITY LEARNING SPACES (DQLS) – ACOUSTICS, DECEMBER 2020

Die DQLS-Reihe wird in Neuseeland vom Bildungsministerium herausgegeben und gemeinsam mit einem Expertengremium entwickelt. Sie definiert Anforderungen an Umweltfaktoren im Innenraum wie Beleuchtung, Luftqualität, thermischen Komfort und Akustik. Die Anforderungen, die im Teil zur Akustik definiert werden, sind bei allen Projekten in Neuseeland, die seit dem 1. Januar 2021 mit der Vorentwurfsphase begonnen haben, zu erfüllen.

Die Anforderungen an die Nachhallzeiten der Leitlinien für Akustik⁴⁵ basieren auf dem neuseeländischen Standard AS/NZS 2107:2016.⁴⁶ Für Räume mit Volumen < 300 m³ werden feste Nachhallzeiten gefordert, wobei für Schüler*innen der Primarstufe kürzere Nachhallzeiten angesetzt werden. Für Räume mit größeren Volumen ist die Nachhallzeit abhängig vom Volumen zu bestimmen. Für offene Lernlandschaften ist hierfür ein eigener Toleranzbereich angegeben, der tiefer liegt als die Bereiche für z. B. Sporthallen und Auditorien.

45. DSNZ, *Designing Quality Learning Spaces (DQLS)*

46. AS / NZS 2107:2016, *Acoustics – Recommended design sound levels and reverberation times for building interiors*

47. DSNZ, *Designing Quality Learning Spaces (DQLS)*

Die DQLS-Richtlinien geben detaillierte Hinweise auf Ausführungsmöglichkeiten und akustische Problemstellen, die sich aber nicht von der gängigen Praxis und dem Stand der Forschung in Deutschland unterscheiden. Wichtig ist der Hinweis bei offenen Lernlandschaften, dass offene Grundrisse nie einfach rechteckig sein sollten, sondern idealerweise verwinkelt und verschachtelt, um Rückzugsmöglichkeiten zu schaffen und die Bereiche akustisch voneinander abzuschirmen. Zudem wird festgelegt, dass in offenen Lernlandschaften immer »Breakout Spaces«, also Räume für den Rückzug mindestens ganzer Klassen, geschaffen werden sollen, so dass sich große Gruppen für bestimmte Lehr- und Lernsettings gemeinsam zurückziehen können.

Raumtyp	Maximale mittlere Nachhallzeit (arithmetisches Mittel von 500 Hz, 1 kHz)	Höchstwerte für A-bewertete äquivalente Dauerschall-druckpegel durch Hintergrundgeräusche (L_{Aeq}) ¹⁾ Neubau, Sanierung
Lernräume < 300 m ³ – Grundschulen	0,4 – 0,5 s	40 dB, 45 dB
Lernräume < 300 m ³ – Weiterführende Schulen	0,5 – 0,6 s	40 dB, 45 dB
Lernräume > 300 m ³	volumenabhängig 0,4 – 1,1 s	45 dB, 45 dB

TABELLE 11: Anforderungen an die Nachhallzeit und den Hintergrundgeräuschpegel durch DQLS 2020⁴⁷ für unbesetzte Räume. Übersetzt aus dem Englischen.

1) Pegel gilt für fertig möblierte und betriebsbereite Räume ohne die Anwesenheit von Personen. Regen wird gesondert betrachtet! Inklusive Verkehr. Bei natürlicher Belüftung wird bei offenem Fenster gemessen.

3. RAUMAKUSTISCHE EMPFEHLUNGEN

Basierend auf den oben beschriebenen Regelwerken und Randbedingungen werden im Folgenden Empfehlungen für Zielwerte formuliert, die in der raumakustischen Planung für zukunftsfähige Schulkonzepte mit offenen Raumstrukturen hierzulande angewendet werden können. Außerdem wird auf die Maßnahmen eingegangen, welche grundsätzlich notwendig sind, um diese Ziele erreichen zu können.

3.1 ZIELSETZUNGEN FÜR DIE PLANUNG OFFENER RAUMSTRUKTUREN

3.1.1 GESCHLOSSENE RÄUME

Für geschlossene Räume innerhalb offener Lernlandschaften oder Clustern wie beispielsweise Lernorte, Differenzierungs- oder Teamräume sind die raumakustischen Anforderungen durch die DIN 18041 und die ASR A 3.7 ausreichend. Zusätzlich kann die ISO 23591 für musikalische Probenräume herangezogen werden. Diese Regelwerke sind für Akustiker*innen in der Anwendung erprobt und für die enthaltenen Raumtypen und Nutzungsarten geeignet. Die sich teilweise überschneidenden Anforderungen und Empfehlungen widersprechen sich nicht.

3.1.2 MEHRFACHNUTZUNG VON GROSSEN RAUMBEREICHEN – FOYER, BIBLIOTHEK, MENSA ETC.

Der Wandel im Schulbau manifestiert sich zum einen in einer zunehmenden Differenzierung der Raumkonzepte und zum anderen in einer deutlich gesteigerten Multifunktionalität von Flächen, welches die Kombination traditionell separater Nutzungstypen ermöglicht:

- Konventionelle Fachräume entwickeln sich zu multifunktionalen Werkhallen, in denen Bereiche für Input, Selbst- und Gruppenlernen sowie Rückzug mit unterschiedlichsten Werk- und Laborumgebungen kombiniert werden.
- Die bühlenbestimmte Aula wandelt sich zu einem vielfältig nutzbaren Versammlungs- und Aufenthaltsort.
- Die Mensa entwickelt sich von einem Verpflegungsort zu einem Treffpunkt mit differenzierten Essensangeboten, unterschiedlichen Sitz- und Stehtischbereichen, Cafeteria sowie Chill-out- und Lernbereichen.
- Die klassische Bibliothek als Leseort mit Regalen entwickelt sich zu einem Selbstlernzentrum mit Arbeits- und Aufenthaltsorten.
- Der Eingangsbereich kann zu einem Foyer mit Aufenthaltsbereichen und Versammlungsmöglichkeiten werden.⁴⁸

Aus der Kombination und Nutzungsüberlagerung entstehen neue Herausforderungen für die Raumakustik, die individuell bewertet werden müssen. Gegebenenfalls müssen dabei gewohnte Zielvorstellungen hinterfragt werden. Wird z. B. ein Foyer und Zentrum der Schule gleichzeitig als Veranstaltungsort für Vorträge genutzt, die dabei möglichst öffentlich im Haus wahrgenommen werden und viele Menschen im Haus auch beiläufig anziehen sollen, dann ist eine akustische Trennung der Bereiche nicht funktional. Gleichzeitig muss durch die Organisation der Veranstaltungen darauf geachtet werden, dass schützenswerte Bereiche in ihrem Nutzungszeitraum nicht gestört werden. Die fehlenden Raumbegrenzungsflächen, die für eine gute Verständlichkeit bei Veranstaltungen notwendig wären, können beispielsweise auch durch eine Beschallungsanlage kompensiert werden. Werden zusätzlich Laufzonen des Foyers mit Teppich belegt und die nahegelegenen Wände und Decken absorbierend ausgeführt, wird der Veranstaltungsbereich zudem besser vor Gehschall und anderen Geräuschen vorbeilaufender Personen geschützt.

Bei der Nutzungsüberlagerung von Flächen entsteht also durch die Ausbildung von raumakustischen Inseln und Nischen ein ausdifferenziertes und vielfach nutzbares Raumangebot. Beispielsweise können in einem Foyer Rückzugsbereiche ausgebildet werden, wenn diese gezielt in diesem Bereich mit hoch absorbierenden Materialien und Möbeln ausgestattet sind. Diese erzeugen nicht nur einen intimeren und geschützten Raumeindruck, sondern die Materialien tragen auch zu einer allgemeinen Bedämpfung des Raumes bei.

Zusammenhängende Volumen haben immer einen akustischen Einfluss aufeinander. Die gegenseitige akustische Beeinflussung kann aber auch pädagogisch gewünscht sein. Für dieses Ziel müssen Bau- und Raumakustik sinnvoll zusammengedacht werden. Das zentrale Forum (Campo) der Ringstabeck Skole in Baerum bei Oslo (Norwegen) beispielsweise ist das Herz der Schule mit Cafeteria und Raum für unterschiedliche Veranstaltungen (**GRUNDRISS S.96**). Der mehrgeschossige Raum ist nur in vergleichsweise geringem Maße von den umgebenden Lernlandschaften schallisoliert, damit gemeinschaftsbildende Schulaktivitäten im Gebäude von allen wahrgenommen werden. Andersherum ist es bei der Musikhochschule Anton Bruckner in Linz: Dort sind die Übungsräume nur untereinander hoch schallisoliert, zu den gemeinschaftlichen Bereichen hin aber bewusst geringer, damit schon bei Betreten des Hauses wahrgenommen werden kann, dass in dem Haus Musik gespielt wird.

3.1.3 OFFENE LERNLANDSCHAFTEN UND CLUSTER

Offene Lernlandschaften und die offenen Mitten in Clustern können ebenfalls als eine Kombination von Raumnutzungen betrachtet werden, da hier eine Vielzahl unterschiedlicher Aktionsformen innerhalb eines Raumverbundes ermöglicht werden soll. Die räumlichen Organisationsmodelle leiten sich aus veränderten Aufgaben von Schule und dem Wandel von Pädagogik und Didaktik ab. Die Nutzungseinheiten von Clustern oder offenen Lernlandschaften sollen multiprofessionelle Teamarbeit fördern und unterschiedliche Lehr- und Lehrformen wie Einzel-, Gruppen-, Projektarbeit etc. unterstützen. Darüber hinaus sollen die neuen Typologien einen Rahmen für soziale Interaktion bieten. Die notwendige Offenheit und Transparenz ist in diesem Zusammenhang eine Forderung der Pädagogik, um gute Kommunikation und gegenseitige Wahrnehmung innerhalb der Nutzungseinheiten zu gewährleisten.

Bei der Raumakustik besteht die grundlegende Herausforderung darin, innerhalb der offenen Bereiche eine ungestörte Kommunikation zwischen Sender und Empfänger sowie die Vermeidung von Störungen zwischen einzelnen Raumbereichen zu erzielen. In den betrachteten internationalen Normen und

Leitlinien werden diese beiden Aspekte übergeordnet durch Anforderungen an die Sprachverständlichkeit (*STI*) übersetzt. Allerdings spiegelt der hervor gehobene Fokus auf Sprachverständlichkeit auch ein konventionelles Verständnis von Lernen als konzentriertes Zuhören und Verstehen von Sprache wider. Die Anforderungen eines traditionellen Klassenraumes werden sozusagen auf kleine Raumbereiche innerhalb eines Großraumes übertragen, während eine Betrachtung anderer Aktionsformen – wie beispielsweise Einzelarbeit, Ausruhen, Spielen, Toben – in den untersuchten Regelwerken nicht explizit beschrieben werden. Die in den dänischen Leitlinien aufgeführten Werte für die akustische Dämpfung der Sprache zwischen zwei Arbeitsgruppen haben demgegenüber den Vorteil, dass räumliche Abstandsmaße in der Planung der Akustik je nach spezifischer Anforderung sinnvoll bestimmt werden können. Die Leitlinien aus Großbritannien weisen zumindest darauf hin, dass bei individuellen Tätigkeiten und der Kommunikation in kleinen Gruppen geringere Anforderungen an den *STI* bestehen. Bei diesen Aktionsformen liegt der Fokus weniger auf dem Verstehen der Sprache von einzelnen vortragenden Personen, und in der Regel sind die Abstände zwischen den kommunizierenden Personen geringer.

Daraus leitet sich für die Planung ab, neben der Schaffung einer grundsätzlich ruhigen Atmosphäre auch Raumbereiche mit unterschiedlichen akustischen Qualitäten auszubilden, die in einem guten Raumbezug zueinander stehen. Dazu gehört unter anderem, durch eine geeignete Möblierung in den offenen Bereichen Zonen für Input, Kommunikation und Präsentationen zu schaffen und mit gezielten Abschirmungen eine Schallausbreitung in ruhige Arbeitsbereiche zu vermindern. Darüber hinaus wird in den meisten Fällen auch ein ergänzendes Angebot an räumlich abtrennbaren Bereichen benötigt, die entsprechend höher gegen akustische Beeinflussung aus benachbarten Bereichen geschützt sind oder in denen auch lautere Nutzungen möglich sind.

3.2 NEUE RAUMAKUSTISCHE ZIELWERTE

Nachfolgend werden die Erkenntnisse aus der Betrachtung der verschiedenen nationalen und internationalen Normen und Richtlinien zu neuen Zielwerten in der Planung der Raumakustik von Clustern und offenen Lernlandschaften zusammengeführt. Ein zentrales Kriterium ist hierbei der *STI* (Sprachverständlichkeitsindex), für den die Nachhallzeit, das Hintergrundgeräusch sowie die Ausbreitungsdämpfung, die wiederum in den Signal-Rausch-Abstand einfließt, von Bedeutung sind. In **TABELLE 12**, **TABELLE 13** UND **TABELLE 14** werden die entsprechenden internationalen Anforderungswerte zum Vergleich nochmals in tabellarischer Form dargestellt. **TABELLE 15** beschreibt die neuen Zielwerte für Situationen und Aktivitätsformen in offenen Bereichen, in denen es auf eine gute Sprachverständlichkeit ankommt. Die Ausführungshinweise bieten zusätzliche Anregungen für die Planung.

Leitlinie / Norm	Nachhallzeit	Hintergrundgeräuschpegel L_{Aeq}	Akustische Dämpfung der Sprache D_A, s
Großbritannien	$\leq 0,50$ s	≤ 40 dB	
Dänemark	0,30 – 0,40 s	≤ 30 dB	15 – 20 dB
Neuseeland	volumenabhängig, 0,40 – 1,1 s	≤ 45 dB	
Schweden	$< 0,40$	≤ 35 dB	
Norwegen	$< 0,40$		
Island	$< 0,40$		15 – 20 dB

TABELLE 12: Anforderungen an die Nachhallzeit für offene Lernlandschaften im internationalen Vergleich

Großbritannien: IOA / ANC, Acoustics of Schools: a design guide

Dänemark: SBI, SBI-anvisning 218, Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbygninger

Neuseeland: DSNZ, Designing Quality Learning Spaces (DQLS)

Schweden: SIS, SS 25268:2007+T1:2017, Acoustics – Sound classification of spaces in buildings

Norwegen: NS 8175:2012, Acoustic conditions in buildings – Sound classification of various types of building

Island: IST 45:2016, Acoustic conditions in buildings – Sound classification of various types of buildings

49. Greenland / Shield, *A survey of acoustic conditions in semi-open plan classrooms in the United Kingdom*; Bradley, *Speech intelligibility studies in classrooms*
50. Greenland / Shield, *A survey of acoustic conditions in semi-open plan classrooms in the United Kingdom*; Shield Greenland / Dockrell, *Noise in open plan classrooms in primary schools: a review*
51. Mealings, *Classroom acoustic conditions*
52. Bradley / Sato, *The intelligibility of speech in elementary school classrooms*

In Bezug auf die Nachhallzeit gibt es durchaus unterschiedliche Ansätze. Neuseeland z. B. sieht als einziges Land eine volumenabhängige Berechnung der Soll-Nachhallzeit vor, wie sie in Deutschland auch für herkömmliche Klassenräume verwendet wird. Die meisten Regelwerke fordern jedoch eine Nachhallzeit, die kleiner oder gleich 0,4 Sekunden ist. Dies ist ein niedriger Wert, wenn berücksichtigt wird, dass in Deutschland die Anforderung an Mehrpersonenbüros beim Arbeitsschutz bei 0,6 Sekunden liegt. Die Notwendigkeit dieses Wertes wurde jedoch in unterschiedlichen Studien für normale Klassenräume,⁴⁹ aber auch für offene Lernlandschaften⁵⁰ nachgewiesen. Auch in der deutschen DIN 18041 ergibt sich für einen typischen Klassenraum mit 170 m³ eine Soll-Nachhallzeit von 0,44 s in der inklusiven Nutzungsart A4. Die Ansprüche an eine geeignete Lernumgebung für Kinder sind höher einzuschätzen als die von Erwachsenen. Dies ist auch in einer größeren Abhängigkeit von Sprachverständlichkeit begründet. Für einen Wert von 0,4 Sekunden sind ausgiebige akustische Maßnahmen notwendig. Neben einer niedrigen Nachhallzeit wird dadurch auch die maximal mögliche Bedämpfung von Lärm bewirkt und eine sehr hohe Ausbreitungsdämpfung durch den Einsatz von raumteilenden Elementen ermöglicht. Im Allgemeinen sind hochabsorbierende Decken und große Wandflächenanteile mit Wandabsorbern und ggf. absorbierende Möbel notwendig.

Auch mit diesen niedrigen Nachhallzeiten sind in einzelnen Raumbereichen von der Größe eines üblichen Klassenverbandes in Bezug auf die baulichen Gegebenheiten gute Sprachverständlichkeitswerte möglich. Die Regelwerke, die einen *STI* als Anforderung ansetzen, fordern einen Minimalwert für den *STI* von 0,6 (TABELLE 13). Dieser Wert passt auch zu den Angaben in der DIN EN IEC 60268-16, welche einen *STI* von 0,62 als Mindestwert für Klassenräume vorschlägt. In Großbritannien wird für inklusive Nutzung ein *STI* von 0,75 gefordert. Auch in der Fachliteratur wird davon berichtet, dass ein Wert von 0,6 nur als Minimum für normalhörende Erwachsene angenommen werden kann. Für alle jungen Schüler*innen und Schüler*innen mit Hörbeeinträchtigungen sind höhere Werte notwendig. TABELLE 13 zeigt die notwendigen Werte für den *STI* und den entsprechenden benötigten Störabstand (Speech-to-noise-ratio $SN(A)$) gemäß den Untersuchungen von Mealings⁵¹ und Bradley⁵² auf.

Alter	Anforderung an den <i>STI</i>	Anforderung an den <i>SN(A)</i>
11 Jahre und älter	0,60	15
8 – 10 Jahre	0,70	18
6 – 7 Jahre	0,75	20

TABELLE 13: Anforderungen für gute Sprachverständlichkeit (*STI*) für unterschiedliche Altersgruppen gemäß Mealings sowie Bradley & Sato⁵³

Leitlinie / Norm	<i>STI</i> innerhalb einer Lerngruppe (inklusive Anforderung in Klammern)	<i>STI</i> zwischen Lerngruppen (inklusive Anforderung in Klammern)
Großbritannien	$\geq 0,60$ (0,75)	$\leq 0,30$ (0,30)
Dänemark	$> 0,60$	$< 0,20$
Island	$> 0,60$	$\leq 0,20$

TABELLE 14: Anforderungen an den *STI* in offenen Lernlandschaften im internationalen Vergleich

Die in **TABELLE 13** aufgeführten Werte für den *SN(A)*, also den Abstand des Sprachsignals zum Störgeräusch, zeigen die größte Problematik in offenen Lernlandschaften und Clustern auf, die sich zusätzlich zu den Einflüssen der Raumgeometrie und der Oberflächen für die Sprachverständlichkeit ergibt: Mit einem entsprechenden Geräuschpegel innerhalb einer Gruppe und dem noch hinzukommenden Geräuschpegel von benachbarten Gruppen besteht im Erreichen solcher Störabstände, die notwendig für die Einhaltung der *STI*-Vorgaben sind, eine enorme Herausforderung. Wichtig ist hier, dass die geforderten Werte für den *STI* überhaupt nur bei mittleren Nachhallzeiten von maximal 0,4 Sekunden und den genannten Störabständen erreicht werden können.

Relevant für den Störabstand ist auch der Hintergrundgeräuschpegel im Raum, welcher abhängig von haustechnischen Einrichtungen wie Lüftungsanlagen und dem Außenlärm ist. Neben der eigentlichen Belastung durch

53. Mealings, *Classroom acoustic conditions*; Bradley / Sato, *The intelligibility of speech in elementary school classrooms*
54. Bradley / Sato, *The intelligibility of speech in elementary school classrooms*; Shield et al., *A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England*
55. Shield et al., *A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England*
56. IOA / ANC, *Acoustics of Schools: a design guide*
57. Shield / Greenland / Dockrell, *Noise in open plan classrooms in primary schools: a review*
58. Bradley / Sato, *The intelligibility of speech in elementary school classrooms*; Mealings, *Classroom acoustic conditions*
59. Mealings, *Classroom acoustic conditions*
60. Shield / Greenland / Dockrell, *Noise in open plan classrooms in primary schools: a review*

diesen Lärm und der Verringerung der Sprachverständlichkeit bei höheren Pegeln führen hohe Hintergrundgeräuschpegel auch automatisch zu höheren Betriebspegeln inklusive des Lärmes durch die anwesenden Personen,⁵⁴ da die Schüler*innen sich anders verhalten. Zudem kann beobachtet werden, dass der Lärmpegel geringer ist, umso besser die Sprachverständlichkeit ist.⁵⁵ Die deutschen Normen und internationalen Regelwerke geben aus diesen Gründen Anforderungen an den Störschalldruckpegel in Unterrichtsräumen vor. International reicht dieser für offene Lernräume von 30 bis 45 dB(A). In der DIN 18041 werden für normale Klassenräume 35 dB(A) vorgegeben. In den britischen Guidelines wird ein Pegel von 40 dB(A)⁵⁶ vorgeschlagen, um für eine gewisse Maskierung von störender Sprache von benachbarten Gruppen zu sorgen. Allerdings sind alleine durch die Anwesenheit der Schüler*innen auch bei sehr ruhigem Unterricht ohnehin eher höhere Werte zu erwarten.⁵⁷ In Anbetracht der vorgenannten Gründe und der dazu vorliegenden Studienlage empfiehlt sich also ein sehr niedriger Wert. Ein Wert von maximal 35 dB(A) ist empfehlenswert für Schüler*innen älter als 7 Jahre.⁵⁸ Für jüngere Schüler*innen ist ggf. ein niedrigerer Wert notwendig.⁵⁹

Um die gegenseitige Beeinträchtigung verschiedener Raumbereiche und Lernumgebungen zu minimieren, sind also Maßnahmen erforderlich, die einerseits den Störabstand zwischen dem Nutzsignal und den von anderen Gruppen verursachten Lärm maximieren, um so die Sprachverständlichkeit innerhalb einer Gruppe zu gewährleisten. Andererseits muss der Störabstand ebenfalls maximiert werden, um die Ablenkung durch Lärm aus anderen Gruppen zu reduzieren. In mehreren Studien wurde festgestellt, dass Stimmen aus benachbarten Lerngruppen das größte Störpotential für die Konzentration der Schüler*innen bedeuten.⁶⁰ In Dänemark und Großbritannien wird in diesem Zuge ebenfalls eine Anforderung an den *STI* zwischen unterschiedlichen Lerngruppen definiert. Er sollte kleiner als 0,20 bzw. 0,30 sein. Hiermit wird sichergestellt, dass Sprache, die von einem Raumbereich in den anderen übertragen wird, praktisch unverständlich wird. Dies ist ein niedriger Wert, welcher nur mit den vorgenannten Anforderungen an die Nachhallzeit, einem hohen räumlichen Abstand und geeigneten schallschirmenden Elementen bzw. Trennwänden erreicht werden kann.

In Büroräumen bringt die Betrachtung des *STI* sowie eine sinnvolle räumliche Ausgestaltung, welche zum Erreichen geeigneter *STI*-Werte notwendig ist, oft das Problem eines zu geringen Störgeräuschpegels mit sich. Akustisch hochabsorbierend ausgestattete Büros neigen bei relativ ruhigen Mitarbeiter*innen zu einer hohen Sprachverständlichkeit, die alleine durch abschirmende Maßnahmen nicht verringert werden kann. Hier kommen teilweise sogar aktive Maskierungssysteme mit durch Lautsprecher eingespielten Störgeräuschen zum Einsatz. Im schulischen Kontext ist dieses Problem auf Grund der anzunehmenden höheren Geräuschpegel eher ein geringeres Problem. Hier muss vielmehr auf eine möglichst starke Reduzierung des Lärms und gute Abschirmung geachtet werden. Dies führt zu dem wichtigen Aspekt der pädagogischen Organisation (VGL. ABSCHNITT 3.3.3).

Basierend auf den vorgenannten Zusammenhängen, der Zusammenfassung der Anforderungen aus anderen Ländern und der zugrundeliegenden Studienlage kann festgehalten werden, dass die pädagogische Nutzung von offenen Grundrissen nur bei sehr guten akustischen Grundbedingungen und auch organisatorischer Vorgaben möglich und eine allgemein gute Passung zwischen dem räumlichen und dem pädagogischen Konzept nötig ist.

TABELLE 15 enthält die aus den beschriebenen Zusammenhängen festzuhaltenen Zielwerte, die an die Akustik für Aktionsformen gestellt werden sollten, bei denen es auf eine gute Sprachverständlichkeit ankommt – also Bereiche für Input, Präsentation und Besprechung. Der hohe Wert des *STI* von 0,75 entspricht den Anforderungen an eine inklusive Lernumgebung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich hier um Gesprächssituationen im kleinen Personenkreis handelt und sich die Werte auf spezifische Raumbereiche beziehen – nicht auf die Gesamtheit der Fläche von Clustern oder offenen Lernlandschaften. Um geeignete Maßnahmen planen und validieren zu können, sind ggf. raumakustische Simulationen schon früh in der Planung notwendig. Die offenen Bereiche von Clustern und Lernlandschaften sind akustisch meist zu komplex, um mit überschlüssigen Berechnungen Vorabschätzungen zu treffen.

Für den Nachweis der Anforderungsgrößen in der Planung ist es essentiell, dass die zu Grunde liegenden Störgeräuschpegel für die Berechnungen des *STI* und der Störabstände angegeben werden, um einen Vergleich möglich zu machen. Da die genauen Pegel der Hintergrundgeräusche durch die anwesenden Personen meist nur schwer vorausgesagt werden können, ist ggf. eine Best-Case/Worst-Case-Abschätzung zielführend. Analog zu der sehr passenden Formulierung in der VDI 2569 sollte auch hier gelten, dass »aufgrund der Unsicherheit bei der planerischen Vorhersage und der nicht vermeidbaren Freiheitsgrade

61. Møller Petersen / Rasmussen, *Acoustic design of open plan schools and comparison of requirements*; neben dieser Untersuchung wurde auch der Umbau der Beruflichen Schulen Witzzenhausen zu offenen Lernbereichen durch detaillierte akustische Messungen begleitet, inklusive Betrachtung des *STI*, Vgl. Bauakustikbericht *Berufliche Schulen Witzzenhausen*

Empfohlene Zielwerte

Nachhallzeit (unbesetzt)	<i>STI</i> innerhalb einer Gruppe	<i>STI</i> zwischen Gruppen	Hintergrund- geräuschpegel L_{Aeq}	Akustische Dämpfung der Sprache zwischen Gruppen $D_{A,s}$	Räumliche Abklingrate der Sprache $D_{2,s}$
$\leq 0,40$ s	$\geq 0,75$	$\leq 0,3$	≤ 35 dB (A)	15–20 dB	5–8 dB

TABELLE 15: Empfohlene Zielwerte für die Raumakustik in Situationen, bei denen es auf gute Sprachverständlichkeit ankommt (Bereiche für Input, kleine Präsentationen, Kreis, Besprechungen etc.) sowie deren Interaktion mit benachbarten Gruppen ähnlicher Kategorie

bei ihrer messtechnischen Bestimmung keine Grenz- oder Richtwerte, sondern den Planern unterstützende Anhaltswerte« angegeben werden. Zudem kann in der Planungsphase der Fokus auf die akustische Dämpfung und die Abklingrate gelegt werden, die unabhängig vom Störgeräuschpegel geplant werden können. Der *STI* eignet sich dann zur Verifizierung der Ergebnisse und Optimierungen im fertig gestellten Gebäude. Dieses Vorgehen lässt sich beispielsweise an der raumakustischen Optimierung der Hellerup Skole gut nachvollziehen.⁶¹

In diesem Zusammenhang ist zu betonen, dass die ausgewählten akustischen Maßnahmen eine Wandelbarkeit der Raumumgebung zulassen. Da sich die hohen Zielwerte für Sprachverständlichkeit im Großraum nur über eine geeignete Ausstattung und Möblierung erreichen lassen, sollte in der Planung beachtet werden, dass diese veränderbar bleibt und den wandelnden Bedarfen der Schule angepasst werden kann. Im nachfolgenden Abschnitt werden hierzu weitergehende Ausführungshinweise für die Akustik und Raumaufteilung sowie Herangehensweisen in der Planung beschrieben.

3.3 EMPFEHLUNGEN UND PLANUNGSBEISPIELE

3.3.1 FRÜHE EINBINDUNG DER FACHPLANUNG

Um die genannten Anforderungswerte zu erfüllen, ist es entscheidend, die Raumakustik von Beginn an in der Planung zu berücksichtigen. Die akustischen Konzepte lassen sich nicht mehr allein durch pauschale Vorgaben definieren, sondern müssen individuell auf die spezifischen Bedürfnisse zugeschnitten und idealerweise in Abstimmung mit den Nutzer*innen entwickelt werden. Dies beinhaltet die Analyse der projektspezifischen Anforderungen und die Erarbeitung erster Optimierungskonzepte bereits in den frühen Leistungsphasen gemäß HOAI. Ein solches Vorgehen ermöglicht es, umfangreiche Maßnahmen in der Kostenplanung zu berücksichtigen und gegebenenfalls Anpassungen des Grundrisses zugunsten der Akustik vorzunehmen. So lassen sich beispielsweise ausreichend Absorptionsflächen von Anfang an einplanen. Die individuellen pädagogischen Konzepte erfordern über die bloße Raumbenennung hinaus detaillierte Nutzungsbeschreibungen als Planungsgrundlage, um die pädagogischen Abläufe und deren akustische Anforderungen adäquat zu berücksichtigen.

Da die akustischen Verbesserungen nicht ausschließlich durch bauliche Maßnahmen, sondern maßgeblich durch die Ausstattung und Möblierung erzielt werden, müssen Raumakustik und Einrichtungskonzepte Hand in Hand gehen. In diesem Kontext ist auch die Lichtplanung von Bedeutung, da nachweislich eine gezielte Beleuchtung, die auf Arbeitsbereiche fokussiert ist, zur akustischen Beruhigung von Räumen beitragen kann.⁶² Auch aus diesem Grund ist die frühzeitige Einbindung der Nutzer*innen in den Planungsprozess unerlässlich, da Ausstattung und Möblierung die tägliche pädagogische Arbeit direkt beeinflussen.

3.3.2 GRÖSSE DER NUTZUNGSEINHEITEN BEGRENZEN

Einen zentralen Einfluss auf die akustische Qualität hat der Hintergrundgeräuschpegel. Dieser steht im direkten Zusammenhang mit der Anzahl an Personen, die sich in einem Raum befinden. Die britische Studie von Shield et al.⁶³ kommt zu dem Schluss, dass bei zwei bis drei Lerngruppen das Lärmniveau relativ stabil bleibt, während es bei mehr als drei zusammengehörenden Lerngruppen im offen gestalteten Cluster zu einem signifikanten Anstieg des Lärms kommt. Auch die britischen Leitlinien⁶⁴ empfehlen klar, die Anzahl der Lerngruppen innerhalb einer Nutzungseinheit aus akustischen Gründen auf

62. Van Mil, *Artificial Lighting Design for Primary Learning Environments*
 63. Shield et al., *A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England*
 64. IOA / ANC, *Acoustics of Schools: a design guide*
 65. Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft / BDA / VBE, *Leitlinien*
 66. Shield et al., *A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England*;
 Shield / Greenland / Dockrell, *Noise in open plan classrooms in primary schools*;
 Greenland / Shield, *A survey of acoustic conditions in semi-open plan classrooms in the UK*
 67. Shield et al., *A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England*
 68. Ebd.
 69. Ebd.

maximal drei zu begrenzen. Als ein weiterer Größenbezug wird dort angegeben, dass pro Schüler*in mindestens 4 m² innerhalb der Nutzungseinheit zur Verfügung stehen sollten. Dabei wird jedoch nicht spezifiziert, welche Flächenanteile in diesem Wert enthalten sind. Der Wert entspricht somit etwa dem in den »Leitlinien für leistungsfähige Schulbauten«⁶⁵ genannten Wert von 3,6 bis 4,4 m² Programmfläche pro Schüler*in für Allgemeine Lern- und Unterrichtsbereiche, bei denen Flächen für sonstige Funktionsbereiche wie beispielsweise Verkehrsflächen noch nicht berücksichtigt sind.

3.3.3 ORGANISATORISCHE MASSNAHMEN

Übergeordnetes Ziel der Planung ist eine gute Passung von Raumkonzept und Pädagogik. Eine Reihe von empirischen Studien untersucht in diesem Zusammenhang explizit die Aspekte Lärm und Sprachverständlichkeit in gebauten Beispielen mit offenen Schulraumkonzepten,⁶⁶ die auch in den britischen Leitlinien zitiert werden. Allerdings fehlen in diesen Studien Erläuterungen zu den pädagogischen Konzepten der untersuchten Schulen oder der vorgefundenen Aktionsformen. Daher lassen sich die Ergebnisse nur bedingt auf die Planung anderer Projekte übertragen.

Zusammenfassend kann jedoch festgestellt werden, dass adäquate Sprachverständlichkeit und Konzentrationslevel in kritischen Hörsituationen nur bei gelungener Koordination der Aktivitäten von mehreren Unterrichtsgruppen in Clustern möglich sind.⁶⁷ Aktivere und lautere Aktionsformen müssen in allen Gruppen koordiniert stattfinden können, da sonst in offenen Grundrissen auch eine sehr gute bauliche Akustik nicht immer ausreicht, um die angestrebte pädagogische Arbeit umzusetzen. Insbesondere junge Schüler*innen oder Schüler*innen mit besonderen Hörerfordernissen können problematische Verhältnisse in Bezug auf die Sprachverständlichkeit und Störung durch den Lärm vorfinden. Je nach baulicher Ausstattung und Lärmeintrag aus den anderen Gruppen ist für diese Schüler*innen eine gute Sprachverständlichkeit nur in direkter Nähe möglich.⁶⁸ Shield et al.⁶⁹ weisen sogar darauf hin, dass bei für die Sprachverständlichkeit kritischen Unterrichtseinheiten ohne Koordination der Aktivitäten in offenen Clustern eine geeignete Sprachverständlichkeit nur in einem Umkreis von maximal 3 m – und selbst dort nicht für alle Kinder – erreichbar ist.

Daraus leiten sich zwei organisatorische Maßnahmen ab:

- **Gruppengröße:** Je kleiner die Gruppe an Personen, die miteinander kommunizieren, desto weniger Energie zum Sprechen ist nötig, um sich gut zu verständigen und desto weniger tragen deren Aktivitäten zu dem Gesamt-Hintergrundgeräuschpegel bei.
- **Ortswechsel:** Lautere Aktionsformen wie beispielsweise Input, Präsentationen, Besprechungen im Kreis sollten in Raumumgebungen verlagert werden, die eine unkontrollierte Schallausbreitung wirkungsvoll vermindern. Unter 3.3.4 wird gezeigt, dass diese mittels geeigneter Abschirmungen durchaus auch innerhalb von offenen Bereichen möglich sind.

3.3.4 PRIMÄRSTRUKTUR

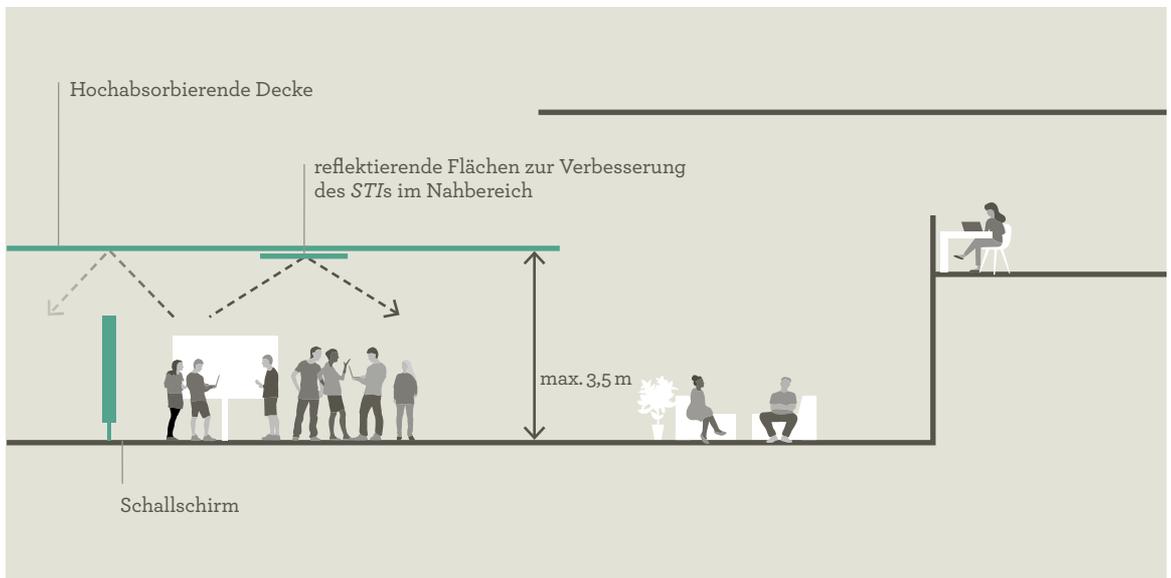
Damit in Ausbau und Möblierung Raumzonen mit unterschiedlichen Qualitäten ausgebildet werden können, ist es notwendig, bereits in der Primärstruktur Grundzüge für eine gute Raumakustik anzulegen.

Deckenhöhe

In Clustermitten und offenen Lernlandschaften, in denen mehrere Aktivitäten zur selben Zeit stattfinden, sollte die lichte Deckenhöhe aus Perspektive der Raumakustik und je nach Beschaffenheit des Raumkonzeptes 3,50 m nicht überschreiten. Das hat zwei Gründe: Zum einen geht es um die Ausbreitungsdämpfung von Sprache. Je niedriger die hochabsorbierende Decke, desto weniger kann sich der Schall im offenen Raum ausbreiten und dadurch bei mehreren Aktivitäten im gleichen Raum ein möglichst geringer Hintergrundpegel erreicht werden. So können beispielsweise nicht-raumhohe Schallschirme nur dann wirkungsvoll die Schallausbreitung vermindern, wenn die Decke nicht zu hoch ist und im Bereich der Abschirmungen entsprechend hoch absorbierend ausgebildet wird. Zum anderen ist die Höhe auch für die Sprachverständlichkeit relevant, da nur frühe Reflexionen im Bereich von 50 ms zu einem guten Verstehen von Sprache beitragen. Ggf. können zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit für einen bestimmten Raumbereich einzelne reflektierende Flächen in unmittelbarer Umgebung vorgesehen werden.

Grundsätzlich muss die Raumhöhe natürlich auch gegenüber anderen Zielsetzungen abgewogen werden. Für die tiefen Raumzuschnitte von Clustern und offenen Lernlandschaften sind aus Gründen der Raumproportionen und zum Erreichen einer guten Tageslichtsituation hohe Decken wünschenswert. Gegebenenfalls können gezielt niedrigere Akustiksegel in einzelnen Bereichen einer Nutzungseinheit eingesetzt werden.

Für Aktionsformen, bei denen es dagegen auf eine gute Verständigung nicht so sehr ankommt – Kleingruppen oder Einzelarbeit –, kann die Raumhöhe auch deutlich höher sein: So können beispielsweise auch in Hallen oder auf den Galerien gute Arbeitsplätze entstehen. Die höhere Decke und das größere Raumvolumen führen zu einem höheren, aber diffuseren Hintergrundgeräusch und vermindern so die Sprachverständlichkeit auf Distanz. Dadurch entsteht eine größere Spreizung von Nutz- und Störsignal im Nahbereich und das Gefühl von Intimität bei einem Gespräch zu zweit oder in kleiner Gruppe.



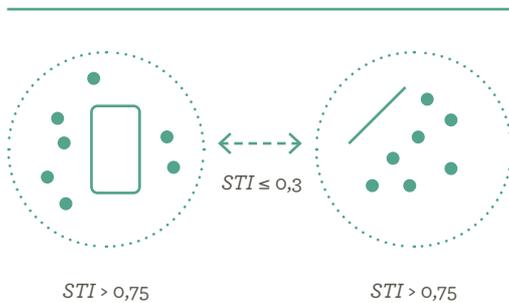
04

Die Begrenzung der Deckenhöhe vermindert die Schallausbreitung im Raum – dagegen führen höhere Decken und größere Raumvolumen zu einem höheren Hintergrundgeräusch und vermindern so die Sprachverständlichkeit auf Distanz. Beides kann – abhängig von der Nutzung – gewünscht sein.

Verschachtelungen und Schallschleusen

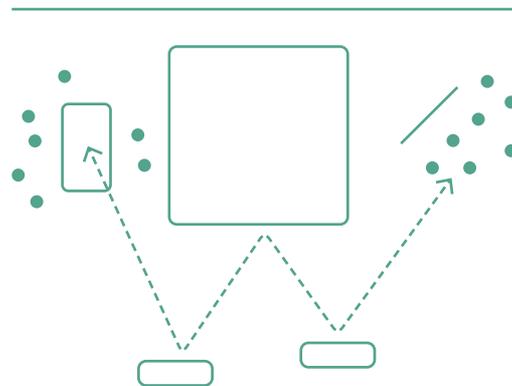
Raumverschachtelungen bewirken die Ablenkung und Verlängerung der Schallwege und somit eine verminderte Schallausbreitung zwischen Raumzonen, die sich gegenseitig stören könnten. Je mehr Reflexionen der Schallweg zwischen zwei Arbeitszonen über absorbierende Oberflächen benötigt, desto mehr Schall wird reduziert und je unterschiedlicher die Schallwege sind, desto unverständlicher ist die Sprache, die bei den Zuhörenden ankommt.

Außerdem kann die Schallausbreitung in akustisch sensible Bereiche auch über Schallschleusen wirkungsvoll vermindert werden. Damit sind nicht nur Türschleusen gemeint. Auch offene Passagen als Raumeinschnürung, die mit hoch absorbierenden Materialien ausgestattet sind, können eine Schallausbreitung erheblich reduzieren. Zudem wird beim Passieren wegen der unterschiedlichen Halligkeit der Raumübergang hörbar gemacht.



05

STI soll innerhalb einer Gruppe besonders hoch sein:
 $STI \geq 0,6$, besser $\geq 0,75$.
 STI soll zwischen zwei benachbarten Gruppen
 im gleichen Raumverbund besonders niedrig sein:
 $STI \leq 0,3$.

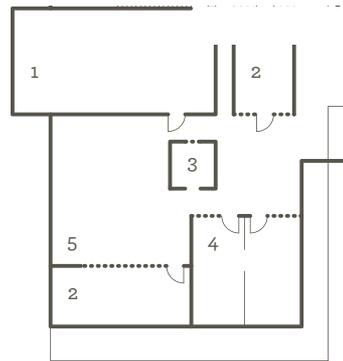


06

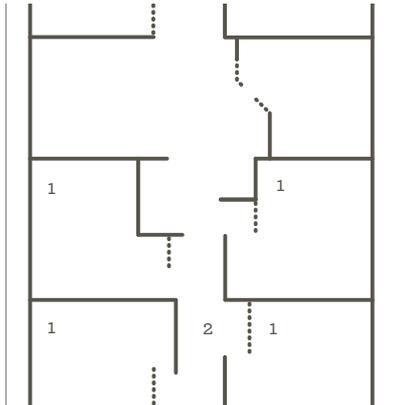
Eine Verschachtelung des Raums führt zu einer Ablenkung und Verlängerung der Schallwege und vermindert direkte Schallverbindungen zwischen Raumzonen, die sich gegenseitig stören könnten. Je mehr Reflexionen der Schallweg benötigt, desto mehr Schallenergie wird reduziert und je unterschiedlicher die Schallwege sind, desto unverständlicher ist die Sprache, die bei den Zuhörenden ankommt.

07

Der im Eingangsbereich der offenen Lernlandschaft angeordnete Think-Tank bewirkt eine Raumeinschnürung und schirmt so den ruhigeren Arbeitsbereich von dem mit loungeartigen Sitzmöbeln ausgestatteten Ankunftsbereich etwas ab (**RINGSTABEKK SKOLE S. 96**)



- 1 Auditorium
- 2 Gruppenraum
- 3 Think-Tank
- 4 Teambereich
- 5 Offene Lernlandschaft



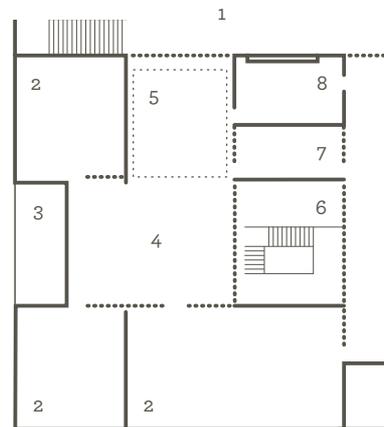
- 1 Lernort
- 2 Offener Lernbereich

08

Durch die versetzt angeordneten Möbel und Glaselemente sind die raumoffenen Lernorte nur indirekt miteinander verbunden, und sie verlängern die Schallwege zwischen den beiden Bereichen (**BERUFLICHE SCHULE WITZENHAUSEN S. 102**)

09

Der Eingangsbereich mit Garderobe und abgelenkter Akustikdecke ist ein Raumbereich mit hoher Schallabsorption und wirkt dadurch als Schallschleuse zwischen Atrium und Clustermitte (**VOLKS- UND MITTELSCHULE SCHENDLINGEN**)



- 1 Atrium
- 2 Stammgruppe
- 3 Loggia
- 4 Clustermitte
- 5 Eingangsbereich mit Garderobe
- 6 Lichthof
- 7 Team
- 8 wc

Maßstab der Grundrisse 1:500

3.3.5 RAUMAKUSTISCHE NISCHEN UND INSELN FÜR INPUT, KOMMUNIKATION UND PRÄSENTATION

Die Raumorganisation von Clustern und offenen Lernlandschaften soll einen schnellen und fließenden Wechsel zwischen unterschiedlichen Lern- und Lehrformaten sowie im Tagesrhythmus dynamisch sich verändernde Nutzungen ermöglichen. Daher ist es sinnvoll, durch Ausstattung und Möblierung für schallintensive bzw. schallsensitive Aktionsformen geeignete Raumumgebungen zu schaffen, die ohne Veränderung des Mobiliars schnell aufgesucht und aktiviert werden können. So werden Teilbereiche im Raum auf die dortige Nutzung hin optimiert. Beispielsweise können durch geeignete Abschirmungen insbesondere für Input und Kommunikation Raumbereiche so ausgebildet werden, dass die Schallausbreitung vermindert wird und gute Sichtbeziehungen in den Gesamtraum bestehen bleiben. Rückzugbereiche, Alkoven, Nischen stehen sinnvollerweise in Sichtverbindung zu einem »Attention Square«,⁷⁰ der für gemeinschaftliche Aktionen, Aufführungen oder Vorträge genutzt werden kann. Festes Mobiliar wird ergänzt durch flexible akustische Trennelemente oder weiches Mobiliar, mit denen schnell und unkompliziert der Zuschnitt der einzelnen Arbeitsbereiche im Betrieb verändert werden kann. Idealerweise werden diese Raumbereiche mit einer fokussierten Beleuchtung kombiniert, die zusätzlich zu einer Strukturierung des Raumes beiträgt.

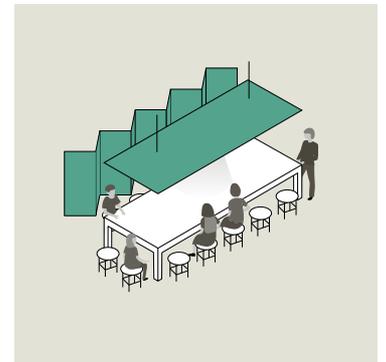
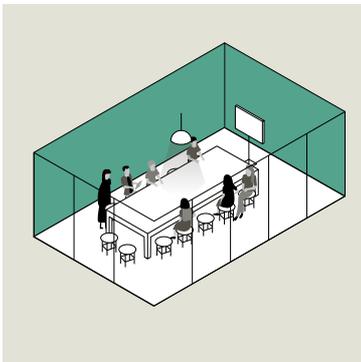
Schallmindernde Maßnahmen für Input und Kommunikation im Großraum: Vom Besprechungsraum bis zur Raumnische

Die folgenden Zeichnungen stellen Situationen für Input und Kommunikation im Großraum dar und sind gegliedert nach unterschiedlichen Aktivitäten. Sie finden sich so oder ähnlich in vielen Schulbauprojekten wieder.

70. Oseland, *Open Plan Classrooms, Noise & Teacher Personality*
71. Ebd.

Gemeinsam diskutieren:

An Seminartischen in »Familiengröße« können größere Gruppen gemeinsam und über längere Zeit diskutieren. Mit einer Leinwand oder Bildschirm in der Nähe sind auch Präsentationen möglich. Um hier ungezwungene und lautere Diskussionen zu ermöglichen, ist eine gute Abschirmung zum Großraum notwendig. Daher finden solche Situationen häufig in abgeschlossenen Meetingräumen, die gleichzeitig gute Sichtbeziehungen in den umgebenden Raum ermöglichen, statt. Je nach Lage und Verschachtelung des Grundrisses finden sich solche Tische auch in raumoffenen Bereichen. Mithilfe von Schallschirmen kann dabei die Schallausbreitung abgemindert werden. Bei hohen Räumen kann ein schallreflektierendes Akustiksegel die Sprachverständlichkeit am Tisch verbessern. So ist weniger Anstrengung nötig, um sich am Tisch zu verständigen. In der Praxis zeigt sich, dass über alle Altersgrenzen hinweg solche Seminartische auch für konzentriertes Einzelarbeiten ohne Diskussion aber in Gemeinschaft gerne genutzt werden.⁷¹



10

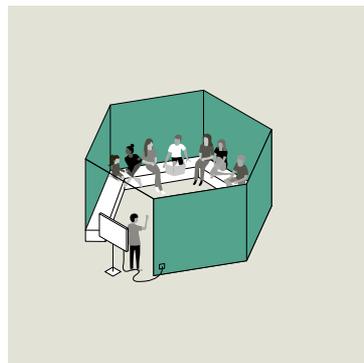
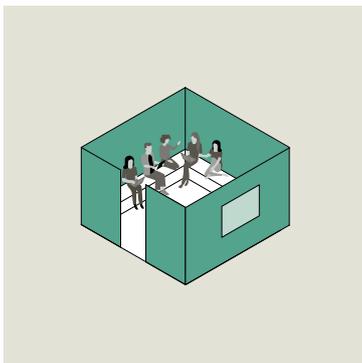
Von links nach rechts: Seminartisch in Meetingbox.

Seminartisch mit Abschirmung und fokussierter Beleuchtung.

Seminartisch mit reflektierendem Akustiksegel zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit.

Kurze Inputs und Präsentationen:

Kleine Think-Tanks, nach oben offene Abschirmungen oder Sitztreppen schaffen Raum für kurze Inputs oder Präsentationen zwischendurch. Das enge Beieinandersein erhöht die Gruppenidentifikation und ermöglicht, dass die sprechende Person nicht laut reden muss. Darüber hinaus dienen diese Bereiche als Rückzugszonen im Großraum.



11

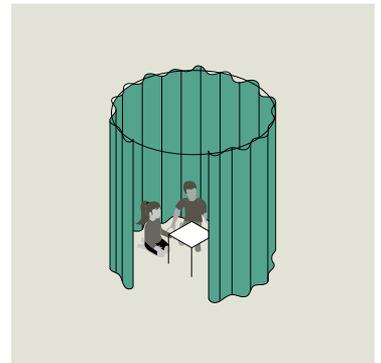
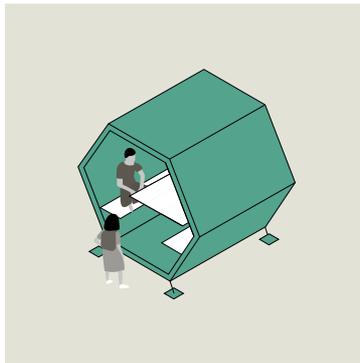
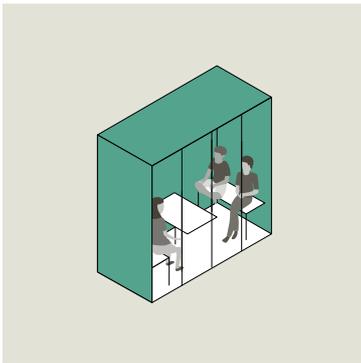
Von links nach rechts: Nach oben offener Think-Tank, gesehen in der Ringstabeck Skole bei Oslo.

Leichte Input-Insel: Hexagon, gesehen in der Hellerup Skole bei Kopenhagen.

Sitztreppe. Der hohe Rücken des Möbels bewirkt bereits eine leichte Abschirmung.

In kleinen Gruppen zusammenarbeiten:

Kleine voll- oder dreiseitig umschlossene Raumbereiche bieten geschützte Nischen für Partner- und Kleingruppenarbeiten bei gleichzeitig gutem Raumüberblick. Die Beispiele zeigen, dass damit nicht nur Tisch- und Stuhl-Kombinationen gemeint sind. Je nach Alter und konkreter Aufgabe bieten auch Alkoven und Sitznischen am Boden die passende Raumumgebung. Die limitierte Größe gibt dabei den Rahmen der Aktivitäten vor und bewirkt so, dass die Gruppen klein bleiben und potentiell weniger zu einer Störung des Gesamt-raumes beitragen.

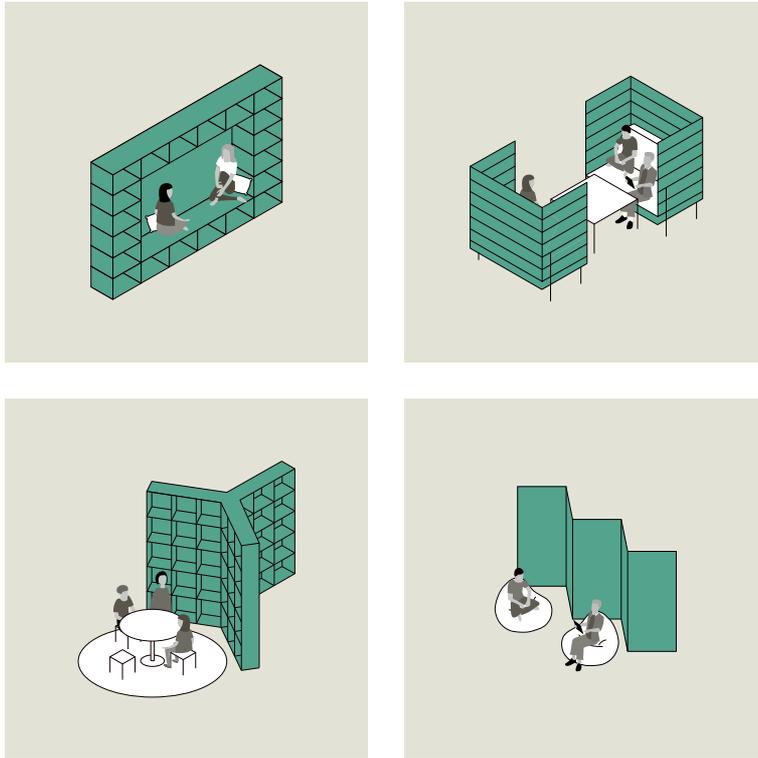


12

Von links nach rechts: Kleine, geschlossene Besprechungsbox für bis zu vier Personen mit integrierter Lüftung.

Kleine, offene Besprechungsbox für bis zu vier Personen, gesehen in der Hellerup Skole bei Kopenhagen.

Vorhang-Inseln, gesehen in der Alemannenschule Wutöschingen.



13

Von links nach rechts: Sitz-Alkoven mit Kissen.

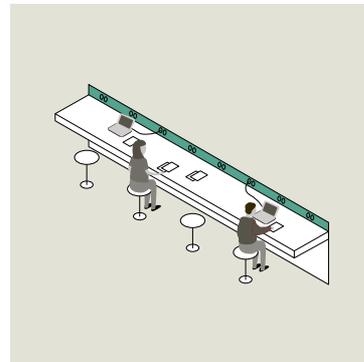
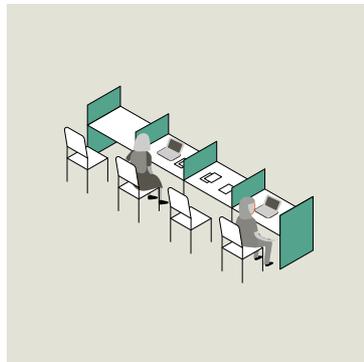
Sessel mit hoher Rücklehne. Die Höhe des Möbels vermindert die Schallausbreitung, gesehen im Nærheden Learning Center in Høje Taastrup (DK).

Durch ein Bücherregal geformte Raumnische, gesehen in der Hellerup Skole bei Kopenhagen (DK).

Mit Akustikschirmen können schnell kleine Raumnischen erstellt werden.

Konzentriert alleine arbeiten:

Weil individuelle Bedürfnisse für konzentriertes Arbeiten sehr unterschiedlich sein können, empfiehlt es sich, dafür eine Bandbreite unterschiedlicher Raumsituationen anzubieten. Wie oben beschrieben, werden über alle Altersstufen hinweg auch große Gruppentische für Einzelarbeiten gerne aufgesucht. Linear angelegte Arbeitsplätze entlang einer Wand, zur Fassade mit Blick nach draußen oder entlang von Balustraden eines Atriums schaffen dagegen einen Rahmen für konzentriertes Arbeiten, welcher direkte Gespräche in der Regel nur zu einem Nachbarplatz ermöglicht. Begrenzende und hochabsorbierende Akustikschirme können zusätzlich zu einer Beruhigung beitragen. Situationen für das Arbeiten im Stehen können das Raumangebot für Einzelarbeit sinnvoll ergänzen.



14

Links: Akustikschirme tragen zusätzlich zur Beruhigung bei, fahrbare Arbeitstische, gesehen im Nærheden Learnign Center.
Rechts: Einzelarbeitsplätze mit Steckdosen an einer Balustrade, gesehen im Atrium des St Nicolaaslyceum, Amsterdam.

Gemütlich lesen und entspannen:

Viele Menschen bevorzugen zum Lesen besonders gemütliche Raumbereiche mit weichen Möbeln. In einigen Schulen finden sich daher passend eingerichtete Lesezonen, mit Sofas, Teppichen und Sitzkissen. Durch das weiche Mobiliar entstehen so im Großraum raumakustische Inseln mit besonders gedämpfter Nachhallzeit.



15

Lesecken als Rückzugsbereiche in der Hellerup Skole und dem Orestad Gymnasium, beide Kopenhagen (DK)

72. Shield et al., *A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England*

73. Zum Zusammenhang zwischen Materialität und Raumakustik siehe auch im Glossar, »Schall-Absorptionsgrad« und »Schalldämpfung«

3.3.6 AUSSTATTUNG UND MÖBLIERUNG FÜR NIEDRIGE NACHHALLZEITEN

Zeitgemäße Schulen erfordern Möblierungskonzepte, die Lernräume als wohnlichen Erfahrungsraum mit hoher Aufenthaltsqualität betrachten. Wie im eigenen Zuhause wird dafür mehr »gemütliches«, weiches Mobiliar benötigt. Durch ihre schallabsorbierende Wirkung tragen diese in der Folge zu einer akustischen Bedämpfung des Raumes und einer wahrnehmbaren »wohnlichen Atmosphäre« bei.

Teppiche⁷² unterstützen in diesem Zusammenhang nicht nur eine Absenkung der Nachhallzeiten, sondern vermindern auch Gehgeräusche und reduzieren somit Störungen aus eher unruhigen Aktivitäten wie z.B. durch vorbeilaufende Personen.

Die akustische Wirkung der Möblierung ist jedoch mehr als ein Nebenprodukt, sondern wie die notwendigen großflächigen Decken- und Wandabsorber ein wichtiger Bestandteil des raumakustischen Konzeptes. Das liegt daran, dass der angestrebte Zielwert der Nachhallzeit von 0,4s in den offenen Raumstrukturen von Clustern und Lernlandschaften über Flächenabsorber allein kaum erreicht werden kann. Aufgrund der Offenheit stehen in der Regel zu wenig Raumflächen zur Verfügung, die mit hochabsorbierenden Materialien belegt werden könnten.⁷³ Überdies stellen die vorhandenen Wandflächen eine wichtige Ressource als Display-, Stau- und Präsentationsflächen dar, was die Einsatzmöglichkeit von hochabsorbierenden Materialien weiter reduziert.

Vollflächig absorbierende Decken und großflächige Wandabsorber sind als Sekundärstruktur unerlässlich; Ausstattung und Möblierung müssen in der Planung der Akustik aber ebenfalls frühzeitig mitkonzipiert werden.

Folgende mögliche Möblierungselemente können zur Senkung der Nachhallzeiten beitragen:

- Wandabsorber
- Schallschirme im Raum
- Vorhänge – auch als Raumteiler
- Verdunkelungen mit Rollos oder Vorhängen
- Wandflächen und Schranktüren
- Wandabsorber in Regalen – beispielsweise als Regalrückwände, aber auch volle Bücherschränke
- Teppiche (eher leichte Schalldämpfung – aber sie helfen vor allem dabei, Geräusche durch Gehen etc. zu vermeiden)
- Weiche Möblierung: Sofas / Kissen / Sitzsäcke / Hängematten
- Garderoben

Teil 2

BAUAKUSTIK

4.

BAUAKUSTISCHE PARAMETER UND RICHTLINIEN

4.1 RELEVANTE BAUAKUSTISCHE GRÖSSEN

Die in dieser Studie betrachteten Richtlinien und Empfehlungen verwenden zwei unterschiedliche bauakustische Parameter bei der Angabe von Zielwerten, die nicht direkt miteinander verglichen werden können: das bewertete Bau-Schalldämm-Maß (R'_w) von Bauteilen und die Schallpegeldifferenz ($D_{nT,w}$) zwischen Räumen.

4.1.1 DAS BEWERTETE BAU-SCHALLDÄMM-MASS R'_w

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w ist ein logarithmisches Verhältnis der einfallenden zu der durchgehenden Schalleistung durch ein Trennbauteil, wobei auch die flankierenden Bauteile berücksichtigt werden. Es wird in Frequenz-Terzbändern gemessen. Anschließend bildet man über eine Bezugskurve einen repräsentativen Einzelwert. Dieses Maß wird verwendet, um ein Trennbauteil, wie beispielsweise eine Wand, in der Einbausituation hinsichtlich seiner Schalldämmung zu charakterisieren.⁷⁴ Dabei kann für jedes Bauteil entweder ein eigener Zielwert oder ein Gesamtwert formuliert werden. Die Ermittlung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes erfolgt nach der DIN EN ISO 717-1 und wird in Dezibel (dB) angegeben.⁷⁵

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß drückt also eine Wandqualität aus und ist eine verlässliche Größe zur Bewertung der bauakustischen Verhältnisse – vorausgesetzt, die Größe der jeweiligen Bauteile ist bekannt. Die konventionellen Zielwerte der DIN 4109 für Wände und Türen in Unterrichtsräumen sind vor allem für traditionelle Klassenraum-Flur-Schulgebäude relevant, da hier von einer typischen Größe der Wandflächen und Türen ausgegangen wird. Bei der Übertragung dieser Bau-Schalldämm-Maße auf beispielsweise kleinere Besprechungsboxen mit deutlich geringerer Wandfläche oder auf Wände mit großen mobilen Türanlagen und Fenstern können sich jedoch, selbst bei identischem Bau-Schalldämm-Maß der einzelnen Bauteile, sehr unterschiedliche akustische

74. Fasold / Sonntag / Winkler, *Bau- u. Raumakustik*
 75. DIN 4109-1:2018-01, *Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen*
 76. Fasold / Sonntag / Winkler, *Bau- u. Raumakustik*
 77. DIN 4109-1:2018-01, *Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen*

Übertragungsverhältnisse von einem Raum zum anderen ergeben. Ein Vorteil des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes liegt in seiner einfachen Anwendbarkeit auf kommerziell verfügbare Bauprodukte und Konstruktionen, für welche in der Regel verlässliche Werte für das Bau-Schalldämm-Maß vorliegen.

4.1.2 DIE BEWERTETE STANDARD-SCHALLPEGELDIFFERENZ $D_{nT,w}$

Wird in einem Senderraum ein Schalldruckpegel LP_1 erzeugt und dieser im Empfangsraum der Schalldruckpegel LP_2 gemessen, ergibt die durch die schalldämmende Wirkung der Trennbauteilen bewirkte Differenz die Schallpegeldifferenz. Da auch die raumakustischen Eigenschaften der beiden Räume den Schalldruckpegel beeinflussen, wird die Nachhallzeit in der Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ berücksichtigt.

Diese Messgröße wird zur Einschätzung der schalltechnischen Eigenschaften in Bezug auf die Einbausituation und die Gesamtwirkung genutzt. Sie eignet sich besonders für Raumsituationen mit versetzten, angekoppelten oder zwischengelegenen Räumen.⁷⁶ Die Standard-Schallpegeldifferenz wird nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt und in Dezibel (dB) angegeben.⁷⁷

Anders als das Bau-Schalldämm-Maß drückt die Standard-Schallpegeldifferenz also die tatsächlich zu erlebende Geräuschübertragung aus benachbarten Räumen aus. In Clustern und offenen Lernlandschaften, die sich durch eine Vielzahl unterschiedlicher Räume für diverse Nutzungen auszeichnen, ist daher die Standard-Schallpegeldifferenz besonders in der ersten Entwurfsphase eine geeignete Größe im Dialog mit den Nutzer*innen und für erste Festlegungen zu den Wandqualitäten.

4.1.3 ÜBERTRAGBARKEIT VON R'_w UND $D_{nT,w}$

In den beiden folgenden Diagrammen ist der Zusammenhang von R'_w und $D_{nT,w}$ in Abhängigkeit von der Trennbauteilfläche S_T sowie der Grundfläche des Raumes S_G für die Raumhöhe 2,4 bis 3,0 m dargestellt. Es lässt sich daraus ablesen, dass bei einem bestimmten Verhältnis von Volumen (Raumhöhe mal Raumgrundfläche) zu Trennbauteilfläche $R'_w = D_{nT,w}$ ist. Wenn das Raumvolumen im Verhältnis zur Trennbauteilfläche größer ist, dann ist die Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ größer als das bewertete Bau-Schall-dämm-Maß. Ist jedoch die Fläche des Trennbauteils größer als die Grundfläche des Raumes, so ist R'_w größer als $D_{nT,w}$. In der *Bauphysik* heißt es dazu: »Ein direkter Vergleich von R'_w und $D_{nT,w}$ ist nur für ein festes (V/S) -Verhältnis zulässig und führt, außer für die Singularität $(V/S) = 3,125 \text{ m}^3/\text{m}^2$ immer zu einer Differenz.«⁷⁸

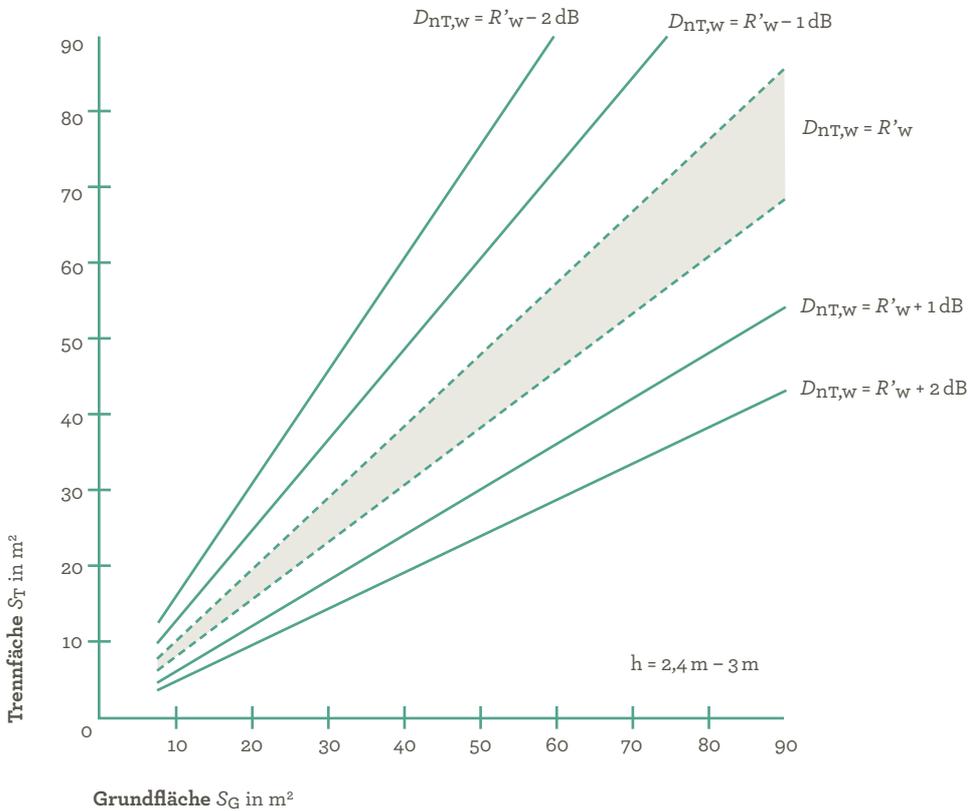


DIAGRAMM 1: Zusammenhang von R'_w und $D_{nT,w}$ bei einer Höhe von 2,4 bis 3 m⁷⁹

78. Neubauer, Die Klassifizierung des Schallschutzes $D_{nT,w}$ mithilfe des Schalldämm-Maßes R'_w ; vgl. auch Neubauer, *Schalldämmung und Schallschutz*
 79. Neubauer, Die Klassifizierung des Schallschutzes $D_{nT,w}$ mithilfe des Schalldämm-Maßes R'_w
 80. Ebd.

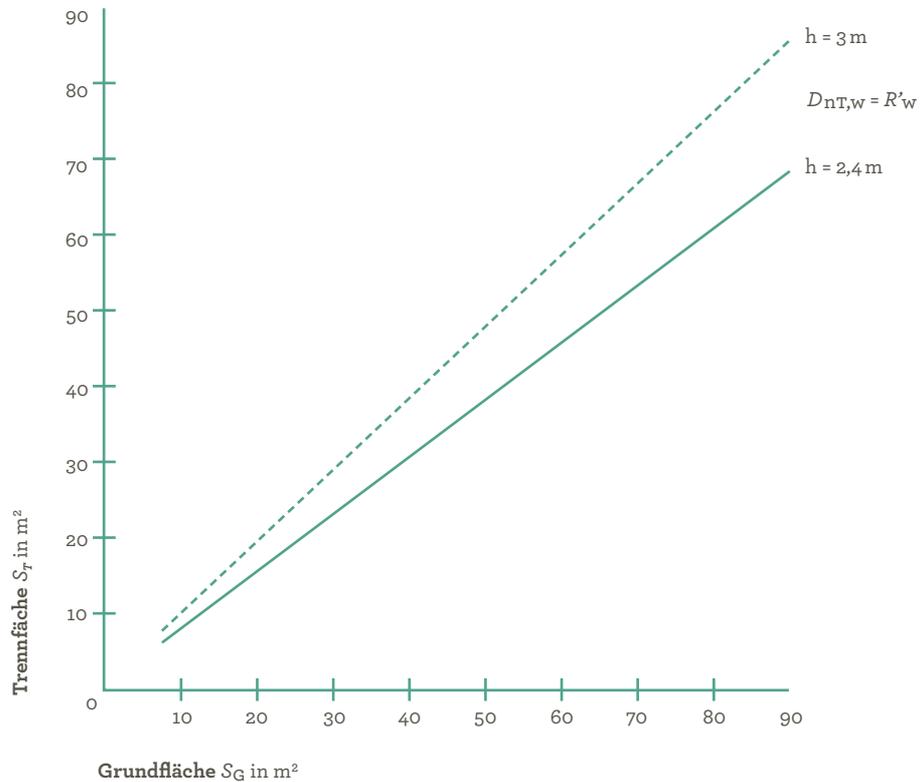


DIAGRAMM 2: Zusammenhang von R'_w und $D_{nT,w}$ für Höhe von 2,4 und 3m⁸⁰

Die Diagramme beziehen sich auf Räume mit einer lichten Höhe zwischen 2,4 und 3,0 m. In Clustern und offenen Lernlandschaften sind oft größere Raumhöhen üblich. Daher dient diese Tabelle nur der Orientierung.

Die nachstehende **TABELLE 16** dient der besseren Einschätzung, in welchem Maße Wandqualitäten mit einer spezifischen Schalldämmung und der Hintergrundgeräuschpegel im eigenen Raum die Wahrnehmung der Geräuschübertragung von typischen Büroaktivitäten beeinflussen. Es ist jedoch zu beachten, dass die Tabelle in Bezug auf die üblichen Bürotätigkeiten (Maschinenschreiben) etwas veraltet ist.

Bei einem Hintergrundgeräuschpegel von $L_{Aeq} = 35$ dB im eigenen Raum (Maximalwert für die Raumakustik nach 3.2) werden hier ab einem Schalldämmwert einer Wand von $R'_w = 30$ dB normale Gespräche aus dem Nebenraum als nicht mehr »störend« bewertet, bei $R'_w = 35$ dB sei danach eine »nahezu volle Verständlichkeit« und erst bei einem Schalldämm-Maß von 40 dB eine »Verständlichkeit nicht mehr voll gegeben«.

Diese Werte können jedoch nur zur groben Orientierung dienen, das subjektive Hörempfinden kann je nach konkreter Raumsituation andere Werte nahelegen. Deshalb ist jede Lösung immer individuell und nicht nach allgemeinen Richtwerten zu bewerten.

Grundgeräuschpegel im eigenen Raum in dB (A)			Beurteilung von Ereignissen im Nachbarraum		
35	30	25			
bew. Schalldämm-Maß R'_w in dB			Normalschreibmaschine oder Telefon (leise eingestellt)	Gespräche normaler Lautstärke	lautstarke Gespräche und Telefonate
am Bau gemessen nach DIN EN 140			Schall-Leistungspegel ca. L = 60 dB (A)	Schall-Leistungspegel ca. L = 65 dB (A)	Schall-Leistungspegel ca. L = 70-75 dB (A)
10	15	20	sehr störend, eigene Telefonate gestört	unzumutbar	unzumutbar
15	20	25	sehr störend, eigene Telefonate noch möglich	sehr störend, eigene Telefonate gestört	unzumutbar
20	25	30	störend hörbar	sehr störend, eigene Telefonate noch möglich	sehr störend, eigene Telefonate beeinträchtigt
25	30	35	deutlich hörbar	störend	sehr störend, eigene Telefonate noch möglich
30	35	40	hörbar	noch voll verständlich	störend
35	40	45	schwach hörbar, aber nicht mehr störend	nahezu volle Verständlichkeit	noch voll verständlich
40	45	50	unhörbar	Verständlichkeit nicht mehr voll gegeben, Beginn geringer Vertraulichkeit	nahezu volle Verständlichkeit
45	50	55	unhörbar	praktisch ausreichende Vertraulichkeit	Verständlichkeit nicht mehr gegeben, Beginn geringer Vertraulichkeit
50	55	60	unhörbar	völlige Vertraulichkeit	praktisch ausreichende Vertraulichkeit
55	60	65	unhörbar	völlige Vertraulichkeit	völlige Vertraulichkeit
60	65	70	unhörbar	völlige Vertraulichkeit	völlige Vertraulichkeit

TABELLE 16: Auszug aus E Sälzer: Praktische Auswirkung der Schalldämmung zwischen Räumen auf Vertraulichkeit und Störungsfreiheit in Verwaltungsgebäuden⁸¹

4.2 BESTEHENDE NORMEN UND RICHTLINIEN

Im Folgenden sind nationale sowie internationale Regelwerke aufgeführt, ihre Anforderungswerte tabellarisch dargestellt und in Bezug auf ihre Anwendbarkeit für die Planung von Clustern und offenen Lernlandschaften bewertet.

4.2.1 DIN 4109-1:2018

Das zentrale Regelwerk für die Bauakustik in Deutschland ist die DIN 4109. Darin befinden sich die umzusetzenden Anforderungen hinsichtlich Luftschalldämm-Maßen und Trittschallanforderungen (+ eventuelle Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen) für konventionelle Klassenraum-Flur-Schulen. Raumstrukturen von Clustern und offenen Lernlandschaften liegen jedoch außerhalb der hier betrachteten Raumtypen und Raumnutzungen, daher können die Werte nicht auf diese Raummodelle übertragen werden.

82. DIN 4109-1:2018-01, Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen

Zeile	Bauteile	Anforderungen		Bemerkungen
		R'_w	$L'_{n,w}$	
4	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander und zu Fluren	≥ 47 dB		Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z. B. Schlafräume.
5	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Treppenhäusern	≥ 52 dB		
6	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und »lauten« Räumen (z. B. Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55 dB		
7	Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z. B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60 dB		
8	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	≥ 32 d		Bei Türen gilt R'_w nach Tabelle 1 der DIN 4109-1
9	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander	≥ 37 dB		

TABELLE 17: Auszug aus DIN 4109-1 Tabelle 6 Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen⁸²

Warum kann die baurechtlich geltende DIN 4109 nicht einfach auf den zeitgemäßen Schulbau und die daraus resultierenden Anforderungen angewandt werden?

Die aktuelle Ausgabe der DIN 4109 von 2018 bewertet das Thema Bauakustik im Schulbau immer noch losgelöst von offenen Konzepten wie Clustern oder offenen Lernlandschaften. Raumakustische Eigenschaften und Qualitäten der Räume bleiben bei der Aufstellung der Anforderungswerte unberücksichtigt. Das liegt auch daran, dass das zentrale Anliegen der DIN 4109 der Schutz vor Geräuscheinwirkungen aus einem »fremden« Bereich ist. Abtrennungen innerhalb eines Clusters oder einer offenen Lernlandschaft befinden sich in diesem Sinne aber im »eigenen Bereich«.⁸³

In der DIN 4109-1 findet sich so z. B. als zentrale Anforderung an »Trennwände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen« ein Schalldämm-Maß von 47 dB.⁸⁴ Dies ist derselbe, unveränderte Grenzwert wie in der DIN 4109 von 1989.⁸⁵ Die historisch gewachsene Norm geht also nach wie vor von einer klassischen Klassenraum-Flur-Typologie aus. In dieser sind die Klassenräume visuell sowie akustisch voneinander getrennt und primär für Frontalunterricht ausgelegt. Dagegen stehen Unterrichtsbereiche in einem Cluster oder einer offenen Lernlandschaft in einem direkten organisatorischen Zusammenhang und erfordern transparente, teilweise sogar offene Übergänge, um Sichtbeziehungen und gegenseitige Wahrnehmung über die Raumgrenzen hinweg zu ermöglichen. Die Anforderungen an Trennbauteile nach der DIN 4109 auf die transparenten Übergänge zu übertragen, führt im Bezug auf den erforderlichen Schallschutz nicht nur am Ziel vorbei, sondern würde zudem die Umsetzung erheblich verteuern und erschweren. Insbesondere für kleine Raumeinheiten für individualisierte Lern- und Lehrformen sowie Teambereiche bietet die DIN 4109 keine Hilfestellung.

Es bedarf also anderer plausibler Orientierungswerte für Trennbauteile innerhalb eines Clusters oder einer Lernlandschaft, die den Anforderungen von zukunftsorientierten pädagogischen Konzepten und offenen Organisationsformen gerecht werden.

4.2.2 BEIBLATT 2 ZUR DIN 4109:1989

Als Ergänzung zur DIN 4109 bietet das Beiblatt 2 zur »alten DIN 4109« von 1989 Empfehlungen zum eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. Aufgrund der Ähnlichkeit von offenen Raumkonzepten zu Bürobereichen können diese Empfehlungen für den Bürobau sinngemäß auf den Schulbau übertragen werden. Die Norm selbst verweist jedoch darauf, dass bei offener Grundrissgestaltung

83. DIN 4109-1:2018-01, Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen

84. Ebd.

85. DIN 4109:1989-11, Beiblatt 2.

86. In der DIN 4109-5 wird kein Bezug auf Bildungseinrichtungen im Sinne des erhöhten Schallschutzes genommen.

diese Werte nur schwer einzuhalten sind. Hierzu ist zusätzlich zu erwähnen, dass dieses Beiblatt offiziell zurückgezogen wurde, da es durch die DIN 4109-5 »erhöhte Anforderungen an den Schallschutz im Hochbau« ersetzt wurde.⁸⁶ Nichtsdestotrotz wird es heute noch von vielen Ingenieurbüros empfehlungsmäßig angewandt, da die neue DIN 4109-5 viele Punkte offenlässt, welche im Beiblatt 2 der »alten DIN 1989« geregelt wurden. Sie kann somit als Orientierung für den eigenen Bereich herangezogen werden, ist jedoch nur bedingt für große, offene Grundrisse anwendbar.

Büro und Verwaltungsgebäude

* Es ist darauf zu achten, dass diese Werte nicht durch Nebengewegübertragung über Flur und Türen verschlechtert werden.

Zeile	Bauteil	R'_{w} ¹⁾	R'_{w} ²⁾
5	Decken Treppen Decken von Fluren und Treppenraumwände	52 dB	≥55 dB
6	Wände zwischen Räumen mit üblicher Bürotätigkeit *	37 dB	≥42 dB
7	Wände zwischen Fluren und Räumen nach Zeile 6 *	37 dB	≥42 dB
8	Wände von Räumen für konzentrierte geistige Tätigkeiten oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten, z. B. zwischen Direktionszimmer und Vorzimmer *	45 dB	≥52 dB
9	Wände zwischen Fluren und Räumen nach Zeile 8 *	45 dB	≥52 dB
10	Türen in Wänden nach Zeile 6 und 7 *	27 dB	≥32 dB
11	Türen in Wänden nach Zeile 8 und 9	37 dB	-

TABELLE 18: Auszug aus Beiblatt 2 zur DIN 4109:1989 Tabelle 3

1) Empfehlung für den normalen Schallschutz

2) Empfehlung für den erhöhten Schallschutz

4.2.3 VDI 2569:2019-10

In der Richtlinie VDI 2569 werden Empfehlungen für Einzelbüros, Mehrpersonenbüros und Großraumbüros entsprechend einer Klassifizierung in Schallschutzklassen gegeben. In diesen werden Zielwerte – wie schon im Textteil zur Raumakustik unter 2.2.4 erläutert – nach unterschiedlichen Qualitäts- bzw. Komfort-Niveaus definiert. Klasse A repräsentiert das höchste Niveau und eignet sich besonders gut für Call Center und Räume mit kommunikationsintensiver Nutzung. Die Klasse B ist gut geeignet für Räume für Vertrieb, Konstruktion und Verwaltung. Die Klasse C ist noch geeignet für die zuletzt genannten Raumtypen.

Als Maßstab für die Anforderungen werden Standard-Schallpegeldifferenzen herangezogen.

Nutzungsintensität	Schallschutzklasse		
	A	B	C
Einzelbüro gering frequentierte Verkehrsflächen	37	32	27
Einzelbüro hochfrequentierte Verkehrsflächen	42	37	32
Mehrpersonenbüro	37	32	27
Vertrauliches Büro	45	40	40

TABELLE 19: Auzug aus VDI 2569,⁸⁷ Tabelle 3 Empfehlungen für $D_{nT,w}$ gegenüber Verkehrsflächen

Anmerkung 1: Bei transparenten Wänden sind gegebenenfalls um 3 dB geringere Werte ausreichend, da eine Sichtverbindung besteht.

Anmerkung 2: Die angegebenen Empfehlungen beziehen sich auf alle Schallübertragungswege inkl. Türen.

87. VDI 2569:2019-10, *Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros*
 88. ÖNORM B8115-2:2006-12, *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau Teil 2*
 89. ÖISS, *Richtlinien für den Bildungsbau*

Durch die typologische Ähnlichkeit von Großraumbüros mit offenen Lernlandschaften oder Clustern, die ebenfalls offene Grundrisse aufweisen, können die akustischen Werte sinngemäß auf Trennwände innerhalb dieser Nutzungseinheiten übertragen werden. Die Betrachtung von Einzel- und Mehrpersonnbüros beschreibt in diesem Zusammenhang Raumgrößen und Nutzungsformen, die kleineren Differenzierungsbereichen oder Teamzonen ähnlich sind. Interessant ist dabei der Hinweis, dass bei einer Sichtverbindung zwischen zwei getrennten Räumen, wie zum Beispiel durch eine Glastrennwand, ein geringerer akustischer Zielwert ausreichend sein kann. Dies entspricht auch den Anforderungen eines Clusters, da die gewünschte Transparenz eine höhere gegenseitige Wahrnehmung innerhalb der Nutzungseinheit fördern soll. Bei der Anwendung dieser Richtlinien sollte jedoch beachtet werden, dass zwischen Büros und Bildungseinrichtungen deutliche Unterschiede im Nutzungs- und Anforderungsprofil bestehen. Insbesondere sind in Bildungseinrichtungen wesentlich höhere A-bewertete Schalldruckpegel zu erwarten, die im Bürobau unüblich sind. Daher ist eine intensive Auseinandersetzung mit dem jeweiligen pädagogischen Konzept der Schule und die Beteiligung der Nutzer*innen bei der Festlegung der Zielwerte dringend erforderlich.

4.2.4 ÖNORM B 8115:2006-12 UND ÖISS:2014-05

Wie in der VDI-Richtlinie werden auch in der Ö-Norm B 8115:2006-12 Standard-Schallpegeldifferenzen für benachbarte Räume als Zielvorgaben im Schallschutz aufgeführt. Diese Werte gelten nahezu universell, sowohl für den Schulbau als auch für den Krankenhausbau, Hotelbau und Wohnungsbau.⁸⁸ Aus diesem Grund finden sich die gleichen Werte auch in den österreichischen Leitlinien für den Schulbau ÖISS:2014-05. Dort wird mit einer zusätzlichen Anmerkung zur Luftschalldämmung zwischen benachbarten Räumen ein Bezug zu den Anforderungen der neuen Raumtypologie »Cluster« hergestellt: »Sieht das räumlich-pädagogische Konzept eine Gliederung in Funktionseinheiten (»Cluster« o.ä.) mit offener und raumübergreifender Unterrichtsplanung vor, so können die Trennbauteile innerhalb einer solchen Funktionseinheit ein reduziertes Luftschalldämmmaß (entsprechend der Kategorie »Nebenräume«) aufweisen.«⁸⁹

Des Weiteren gibt der Text der Richtlinie ergänzende Hinweise zu geräuschintensiven Räumen: »Der Luftschallschutz von Turnsälen sowie Räumen mit musikalischer Nutzung gegen andere zu schützende Räume hat eine bewertete Standard-Schallpegeldifferenz von mind. 60 dB, besser 65 dB aufzuweisen. Diese Werte sind mit einfachen mobilen Trennwänden technisch nicht erreichbar; doppelte mobile Trennwände sind in Hinblick auf ihre Wirtschaftlichkeit zu prüfen.«⁹⁰

Mindest erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ in Schulgebäuden

Luftschalldämmung zwischen Hotel-, Klassen-, Krankenzimmern oder Wohnräumen in Heimen und	$D_{nT,w}$ ¹⁾	$D_{nT,w}$ ²⁾
Räumen derselben Kategorie	55 dB	50 dB ³⁾
Nebenräumen	50 dB	35 dB
Treppenhäusern und Gängen	55 dB	38 dB

TABELLE 20: Auszug aus ÖISS Richtlinien für den Bildungsbau,⁹¹ Tabelle 2 Mindest erforderliche Schalldämmung in Schulgebäuden – an Schulbauten angepasster Auszug aus Tabelle 3 der ÖNORM B 8115-2

1) ohne Verbindung durch eine Türe, ein Fenster u. dgl.

2) mit Verbindung durch eine Türe, ein Fenster u. dgl.

3) Der angegebene Wert ist i.d.R. nur mittels Doppeltüren und/ oder hochwertiger Verglasung erreichbar. Sieht das räumlich-pädagogische Konzept eine Gliederung in Funktionseinheiten (»Cluster« o. ä.) mit offener und raumübergreifender Unterrichtsplanung vor, so können die Trennbauteile innerhalb einer solchen Funktionseinheit ein reduziertes Luftschalldämmmaß (entsprechend der Kategorie »Nebenräume«) aufweisen.

90. Ebd.
91. Ebd.

Aus mehreren Gründen eignen sich die österreichischen Schulbaurichtlinien zum Schallschutz gut für die Anforderungen von Clustern und offenen Lernlandschaften. Zunächst einmal sind die Zielvorgaben aufgrund der Betrachtung von Schallpegeldifferenzen anstelle von Bau-Schalldämm-Maßen auch auf sehr diverse Raumzuschnitte sinnvoll anwendbar. Die Unterscheidung zwischen Wänden ohne und mit verbindenden Türen und Fenstern ist im Wesentlichen kongruent zur Struktur der DIN 4109, in welcher durch das geringere Schalldämm-Maß für Türen ebenfalls für das Gesamtbauteil Wand mit Tür ein abgeminderter Schallschutz besteht. Durch die explizite Nennung des Fensters wird hier aber Rücksicht genommen auf gewünschte transparente Verbindungen zwischen Räumen. Wesentlich ist jedoch die weitere Anmerkung: »Sieht das räumlich-pädagogische Konzept eine Gliederung in Funktionseinheiten (>Cluster< o.ä.) mit offener und raumübergreifender Unterrichtsplanung vor, so können die Trennbauteile innerhalb einer solchen Funktionseinheit ein reduziertes Luftschalldämmmaß (entsprechend der Kategorie »Nebenräume«) aufweisen.« Dadurch wird ein viel größerer Spielraum für die Zielvorgaben im Schallschutz geschaffen, was besonders für die Verbindung zwischen Lernorten und der gemeinsamen Mitte von Clustern relevant ist, die so mit sehr unterschiedlichen Öffnungs- und Transparenzgraden geplant werden können. Gleichzeitig fordert die Anmerkung explizit dazu auf, sich mit dem pädagogischen Konzept im konkreten Projekt auseinanderzusetzen, was in der Regel nur mit direkter Beteiligung der Nutzer*innen möglich ist.

4.2.5 GROSSBRITANNIEN:

BUILDING BULLETIN 93, ACOUSTICS OF SCHOOLS: A DESIGN GUIDE

Das vom Britischen Department for Education und der Education Funding Agency herausgegebene »Building Bulletin 93« (Februar 2015)⁹² fasst alle Mindestanforderungen in Bezug auf Akustik an Schulen – also sowohl bauakustische als auch raumakustische – in einer Richtlinie zusammen. Das Dokument versteht sich als Grundlage für akustische Anforderungen, die ergänzt werden durch Acoustics of schools: a design guide,⁹³ welche weitergehende Ausführungshinweise für die Planung gibt. Diese geben insbesondere zum Thema der raumakustischen Planung wertvolle Planungsempfehlungen (VGL. ABSCHNITT 2.2.6). Anders als bei Baunormen in Deutschland sind beide Dokumente als abgeschlossene Handreichungen für die Planungsaufgabe Schulbau gedacht und überdies frei verfügbar. In der Richtlinie wird zudem explizit auf die Bauaufgabe Umbau und Renovierung von Schulen Bezug genommen, welches sich beispielsweise in abgeschwächten Zielwerten ausdrückt.

In Bezug auf bauakustische Anforderungen sind die Zielwerte zweistufig aufgebaut: In einer vorangestellten TABELLE 21 werden zunächst Raumbereiche einer Schule bezüglich Geräuschaktivität und Empfindlichkeit gegenüber Schall aus benachbarten Bereichen klassifiziert, sowie Obergrenzen für den Innenraumgeräuschpegel definiert. Darin ist auch die Raumkategorie »open plan« aufgeführt, welcher eine leicht höhere Obergrenze für den Geräuschpegel zugewiesen ist.

92. EFA, *Acoustic design of schools: performance standards – Building bulletin 93*
 93. IOA / ANC, *Acoustics of Schools: a design guide*

Type of room	Room classification for the purpose of airborne sound insulation in Tables 3a and 3b		Upper limit for the indoor ambient noise level $L_{Aeq,30\text{ mins dB}}$	
	Activity noise (Source room)	Noise tolerance (Receiving room)	New build	Refurbishment
Nursery school rooms <i>Primary school:</i> classroom, class base, general teaching area, small group room <i>Secondary school:</i> classroom, general teaching area, seminar room, tutorial room, language laboratory	Average	Medium	35	40
<i>Open plan:</i> (See also section 1.8) Teaching area Resource / breakout area	Average	Medium	40	45
Primary music room	High	Medium	35	40
Secondary music classroom ¹⁾ Small and large practice / group room ¹⁾ Performance / recital room ¹⁾	Very high	Low	35	40
Ensemble room ¹⁾ Recording studio ¹⁾	Very high	Low	30	35
Control room – for recording ¹⁾ Control room – not for recording	High Average	Low Medium	35	40
Lecture room	Average	Medium	35	40
Teaching space intended specifically for students with special hearing and communication needs ²⁾	Average	Low	30	35

SEN calming room	High	Low	35	35
Study room (individual study, withdrawal, remedial work, teacher preparation)	Low	Medium	40	45
<i>Libraries:</i>				
Quiet study area	Low	Medium	40	45
Resource area	Average	Medium	40	45
Science laboratory	Average	Medium	40	45
<i>Design and technology:</i>				
Resistant materials, CAD/CAM area	High	High	40	45
Electronics/control, textiles, food, graphics, design/resource area, ICT room, art	Average	Medium	40	45
Drama studio, assembly hall, multi-purpose hall (drama, PE, audio/visual presentations, assembly, occasional music)	High	Low	35	40
Atrium, circulation space not intended for teaching and learning	Average	Medium	45	50
Sports hall Dance studio Gymnasium/Activity studio	High	Medium	40	45
Swimming pool	High	High	50	55
Meeting room, Interviewing/counselling room, video conference room	Low	Medium	40	45
Dining room	High	High	45	50

94. *Music Accommodation in Secondary Schools, a design guide*, DfE, NBS / RIBA, 2010

95. *Acoustics of Schools: a design guide*, to be published in 2015 by the Association of Noise Consultants and the Institute of Acoustics

Administration and ancillary spaces:

Kitchen	High	High	50	55
Office, medical room, staff room	Low	Medium	40	45
Corridor, stairwell, coats and locker area	Average	High	45	55
Changing area	High	High	50	55
Toilet	Average	High	50	55

TABELLE 21: Noise activity and sensitivity levels and upper limits for indoor ambient noise level

Notes

1) Music rooms – the levels of sound insulation between some music rooms may not be sufficient for particularly noisy activities and timetabling / management will need to be considered. Wherever possible music accommodation should make use of buffer spaces such as stores to increase the levels of sound insulation between rooms and to isolate rooms where very noisy activities such as drum practice will take place. If timetabling / management or isolation is not possible the levels of sound insulation should be increased. For further guidance on the design of music accommodation see *Music Accommodation in Secondary Schools: a Design Guide*, DfE, NBS / RIBA, 2010⁹⁴ and *Acoustics of Schools: a design guide*⁹⁵

2) APSs are commonly required for these rooms and should be agreed by an acoustician and the school client body. See section 0.4.

In einer zweiten Stufe sind vier weitere Tabellen mit Zielwerten für die Luftschalldämmung zwischen Sende- und Empfangsraum aufgeführt (bewertete Standard-Schallpegeldifferenz), je nachdem, ob es sich um Neubau oder Sanierung, um eine Schule mit oder ohne Lüftungsanlage handelt:

Table 3a: new build performance standards for airborne sound insulation between spaces

Table 3b: refurbishment performance standards for airborne sound insulation between spaces

Table 4a: performance standards for airborne sound insulation between circulation spaces and other spaces used by students, with no ventilator in the wall

Table 4b: performance standards for airborne sound insulation between circulation spaces and other spaces used by students, with ventilators in the wall

In **TABELLE 22** und **23** sind Table 3a und 3b übersetzt abgebildet.

		Geräuschaktivität im Senderraum			
		Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Minimum $D_{nT,w}$	Hoch	Nicht anwendbar	35 dB	45 dB	50 dB
	Mittel	40 dB	45 dB	50 dB	55 dB
	Gering	45 dB	50 dB	55 dB	55 dB

TABELLE 22: Anforderung an Neubauten für den Luftschalldämmung zwischen Räumen
(Auszug aus Building Bulletin 93,⁹⁶ Table 3a, ins Deutsche übersetzt)

		Geräuschaktivität im Senderraum			
		Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Minimum $D_{nT,w}$	Hoch	Nicht anwendbar	30 dB	35 dB	45 dB
	Mittel	30 dB	40 dB	45 dB	45 dB
	Gering	35 dB	40 dB	50 dB	50 dB

TABELLE 23: Anforderung bei Sanierung für den Luftschalldämmung zwischen Räumen
(Auszug aus Building Bulletin 93,⁹⁷ Table 3b, ins Deutsche übersetzt)

96. EFA, *Acoustic design of schools: performance standards – Building bulletin 93*
97. EFA, *Acoustic design of schools: performance standards – Building bulletin 93*

Durch die in **TABELLE 21** aufgeführten Raumbereiche (class room, class base, general techning area, seminar room, tutorial room, small group room, break-out area) werden zwar einerseits viele Optionen für unterschiedliche Raumbereiche genannt, die im Zusammenhang mit Clustern und offeneren Lernlandschaften relevant sind, letztendlich ist jedoch allen in dieser Tabelle die gleiche Geräuschaktivität, Geräushtoleranz zugewiesen. Entsprechend werden allen diesen Räumlichkeiten in der **TABELLE 22 UND 23** die gleichen Werte für die Standard-Schallpegeldifferenz zugewiesen (Minimum $D_{nT,w}$ 45 dB Neubau/40 dB Sanierung). Dennoch lassen sich mithilfe der beiden Tabellen die Qualitäten von Raumtrennungen im Cluster im konkreten Fall und auf der Basis des tatsächlichen Nutzungskonzeptes durchaus auch individueller auslegen.

4.2.6 DÄNEMARK: BYGNINGSREGLEMENTET BR 18, LYDFORHOLD (§ 368–§ 376), VEJLEDNING TIL UNDERVISNINGSBYGNINGER

In der Dänischen Bauordnung (Bygningsreglementet) finden sich sowohl verbindlich einzuhaltende Vorgaben (krav) und Empfehlungen bzw. Leitlinien (Vejledning), welche auch die Anforderungswerte für den Schulbau beinhalten.⁹⁸ In diesen werden mit den Begriffen »fællesrum« und »åbne undervisningsområder« Raumformen benannt, die im Kontext von Clustern und offenen Lernlandschaften relevant sind: »fællesrum« umfasst alle gemeinschaftlich genutzten Flächen wie beispielsweise die offene Mitte von Clustern, und »åbne undervisningsområder« bezeichnet explizit die offenen Lernbereiche von Lernlandschaften. Die Angaben aus der Bauordnung werden ergänzt durch einen Leitfaden, der sich detailliert mit den akustischen Anforderungen für Schulen und Kindertagesstätten befasst (Vejledning om lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri),⁹⁹ welche aber vor allem die Raumakustik betreffen. In Bezug auf die Bauakustik findet sich der Hinweis, dass in offenen Raumstrukturen lärmempfindliche und laute Aktivitäten möglichst entkoppelt werden sollten. Für die Schallschutzanforderungen wird hier das bewertete Schalldämm-Maß R'_w verwendet.

Ähnlich wie in den Österreichischen Schulbaurichtlinien werden in den Dänischen Empfehlungen konkrete Raumsituationen benannt, die für Cluster und offene Lernlandschaften relevant sind. So werden Zielwerte für Unterrichtsräume formuliert, die nicht nur durch Türen, sondern auch durch Faltwände, bewegliche Elemente oder Fenster mit anderen Räumen oder gemeinschaftlich genutzten Bereichen verbunden sein können. Der Zielwert bezieht sich auf das gesamte Bauteil, einschließlich aller festen und beweglichen Elemente.

Speziell in einem Cluster wäre der Zielwert für die Schalldämmung des Bauteils zwischen den Lernorten und der offenen Mitte $R'_w \geq 36$ dB, was nach dem zurückgezogenen Beiblatt 2 der DIN 4109 in etwa der Empfehlung für normale Bürotätigkeiten (normaler Schallschutz) entspricht.

Im Vergleich zu den Österreichischen Schulbaurichtlinien sind die Zielvorgaben für Bauteile, die nicht zu einem offenen Bereich liegen, hier etwas geringer und die die Zielvorgaben für Bauteile zu einem offenen Bereich etwas höher. Allerdings nennen die Österreichischen Schulbaurichtlinien Schallpegeldifferenzen und die Dänischen Leitlinien Bau-Schalldämm-Maße, weswegen die Werte nicht direkt miteinander verglichen werden können.

Eine Besonderheit stellen die Zielwerte für »Flexible Raumteiler innerhalb offener Unterrichtsbereiche« von $R'_w \geq 20$ dB dar. Als einziges Regelwerk für den Schulbau werden dadurch Raumsituationen wie etwa von kleinen

98. SBST, *Bygningsreglementet BR18*99. SBI, *SBI-anvisning 218*100. *Building Regulations 2010*, Danish Enterprise and Construction Authority, Danish Ministry of Economic and Business Affairs. 12. Dezember 2010**Luftschalldämmung R'_{w}**

Zwischen Unterrichtsräumen sowie zwischen Klassenzimmern und Gemeinschaftsräumen (fællesrum), horizontal (Wände)	≥ 48 dB
Zwischen Unterrichtsräumen sowie zwischen Klassenzimmern und Gemeinschaftsräumen, vertikal (Decken)	≥ 51 dB
Zwischen Unterrichtsräumen mit Türverbindung (Gesamtschalldämmung für Wand mit Tür, Falt- und Mobilwände, Glastrennwände, etc.)	≥ 44 dB
Zwischen Unterrichts- und Gemeinschaftsräumen mit Türverbindung (Gesamtschalldämmung für Wand mit Tür, Falt- und Mobilwände, Glastrennwände usw.)	≥ 36 dB
Bei flexiblen Raumteilern in offenen Unterrichtsbereichen (åbne undervisningsområder)	≥ 20 dB
Zwischen Werkräumen und anderen Unterrichtsräumen oder Gemeinschaftsräumen	≥ 60 dB
Zwischen Musik-Unterrichtsräumen untereinander sowie zwischen Musik-Unterrichtsräumen und anderen Unterrichtsräumen oder Gemeinschaftsräumen	≥ 65 dB
Trittschalldämmung $L'_{n,w}$	
Trittschallpegel, $L'_{n,w}$ in Klassenräumen	≤ 58 dB

TABELLE 24: Anforderungen nach Bygningsreglementet BR 18, ins Deutsche übersetzt¹⁰⁰

Differenzierungsbereichen innerhalb eines offenen Raumgefüges beschreiben. Mit diesen Raumteilern sind Bauteile gemeint, die nicht voll raumabschließend sind – beispielsweise etwa Glaswände mit kleinen Luftschlitzen. Der geringere Wert für das Bau-Schalldämm-Maß deutet an, dass diese Situationen nahtlos in raumoffene Abschirmungen übergehen, welche in 3.3.5 näher beschrieben werden. Für solche Situationen ist weniger das Bau-Schalldämm-Maß des Bauteiles hilfreich, sondern die räumliche Abklingrate der Sprache $D_{2,s}$, wie sie in der VDI 2569 für Großraumbüros beschrieben wird und entsprechend in den empfohlenen Zielwerten der Raumakustik unter 3.2 wiedergegeben ist.

5. BAUAKUSTISCHE EMPFEHLUNGEN

5.1 ÜBERSICHT BAUAKUSTISCHER ZIELWERTE

Die folgende **TABELLE 25** gibt eine Übersicht der bauakustischen Zielwerte aus den unterschiedlichen internationalen Richtlinien und zusätzlich aus Referenzbeispielen, die im folgenden Abschnitt aufgeführt werden. Wegen der großen Unterschiedlichkeit der hier betrachteten Raumtypen sind die Werte nicht 1:1 miteinander vergleichbar. Vielmehr werden diese in zwei grundsätzlich unterschiedliche Situationen aufgeteilt, die aber jede für sich eine große Bandbreite an Einzelsituationen umfassen kann:

Situation A: Sende- und Empfangsraum in zwei angrenzenden abtrennbaren Raumbereichen, in denen parallele Aktivitäten stattfinden können, die keine große Absprache untereinander erfordern.

Situation B: Sende- und Empfangsraum in einem abtrennbaren Raumbereich und in dem offenen Bereich eines Clusters bzw. einer offenen Lernlandschaft. Parallel stattfindende Aktivitäten stehen in direkter, zumeist visueller Wahrnehmung zueinander und können entsprechend untereinander koordiniert werden.

101. Vgl. die vorliegenden Bauakustikberichte

102. Der geringe Wert von 33 dB erklärt sich dadurch, dass es sich hier um einen gemessenen Wert handelt und die benachbarten Räume zum gemeinschaftlich genutzten Bereich hin offen sind. Die Wand zwischen den benachbarten Räumen ist ähnlich einer Standard Klassenraumwand ausgeführt.

Richtlinie / Norm	Schalldämm-Maß R'_w in dB		Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ in dB	
	Situation A	Situation B	Situation A	Situation B
DIN 4109-1:2018-01, Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen	≥ 47			
Alte DIN 4109:1989-11, Beiblatt 2 (1989)	≥ 47	45 / 37 Büro		
ÖNORM B8115-2:2006-12, Schallschutz und Raumakustik im Hochbau Teil 2			$\geq 55^{1)}$ / 35 ³⁾	$\geq 50^{2)}$ $\geq 55^{1)}$ $\geq 35^{2)}$
VDI 2569:2019-10, Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros			37 (-3) Büro (gemäß Klasse A Mehrpersonbüro, -3 dB bei Sichtverbindung)	
Dänemark: DMEBA, Building Regulations 2010	$\geq 48 / 44$	$\geq 36 / 20$ transparent / flexibel		
Großbritannien: EFA, Acoustic design of schools: performance standards – Building bulletin 93			45 (gemäß Tabelle 22 Mittel-Mittel)	40 (gemäß Tabelle 22 Mittel-Gering)
Referenzprojekte¹⁰¹				
Ringstabekk Skole	≥ 48	34 / 24		
SOS OSW Kassel	47	37 / 27		
Witzenhausen	33 ¹⁰²	23	ca. 35 (gemessen)	
Herrsching	39 – 45	40		35

TABELLE 25: Übersicht der Anforderungen verschiedener Regelwerke und Projekte an R'_w und $D_{nT,w}$ situationsabhängig

1) ohne Verbindung durch ein Fenster, Türe und dergleichen

2) mit Verbindung durch ein Fenster, Türe und dergleichen

3) bei offenem pädagogischem Konzept

Die Übersicht zeigt, dass für angrenzende Raumbereiche, in denen parallel ablaufende Aktivitäten keine große Absprache erfordern, in fast allen Richtlinien und Referenzbeispielen sehr ähnliche Zielwerte für die Schalldämmung formuliert sind. Diese beziehen sich in der Regel auf Raumgrößen für übliche Lerngruppen, die visuell eher weniger miteinander verbunden sind, mit Zielwerten um etwa 47 dB.

Für Situationen jedoch, in denen Senderraum und Empfangsraum in direkter Wahrnehmung zueinander stehen und Aktivitäten koordiniert werden – wie etwa zwischen einem abtrennbaren Raumbereich und dem offenen Bereich eines Clusters oder einer offenen Lernlandschaft –, sind die Zielwerte deutlich geringer und variieren stärker (zwischen 20 dB und 45 dB, mit einer deutlichen Häufung bei etwa 36 dB).

Mit den besonders geringen Werten um die 20 dB werden Raumsituationen wie etwa von kleinen Differenzierungsbereichen innerhalb eines offenen Raumgefüges beschreiben. Wie schon unter 4.2.6 beschrieben, sind damit Bauteile gemeint, die nicht voll raumabschließend sind – beispielsweise etwa Glaswände mit kleinen Luftschlitzen – oder in dem Fall der Beruflichen Schule Witzenhausen offene Raumtrennungen durch eine verschachtelte Möblierung. Die Abtrennungen gehen nahtlos in raumoffene Abschirmungen über, welche in 3.3.5 näher beschrieben werden. Für solche Situationen ist allerdings weniger das Bau-Schalldämm-Maß des Bauteiles hilfreich, sondern die räumliche Abklingrate der Sprache $D_{2,s}$, wie sie in der VDI 2569 für Großraumbüros beschrieben wird und entsprechend in den empfohlenen Zielwerten der Raumakustik unter 3.2. wiedergegeben ist.

Die Unterschiedlichkeit dieser Werte hängt bei den betrachteten Referenzbeispielen stark vom jeweiligen Nutzungskonzept und dem konkreten Entwurf ab. So kann beispielsweise die Gestaltung der Übergänge zwischen Lerngruppen und gemeinschaftlich genutzten Bereichen auch davon abhängen, ob weitere abtrennbare Bereiche vorhanden sind, die bei Bedarf für geräuschsensitive oder geräuschintensive Aktivitäten genutzt werden können.

5.2 PLANUNGSBEISPIELE

In den folgenden Referenzprojekten wird dargestellt, wie in der Praxis bauakustische Konzepte von Clustern und offenen Lernlandschaften umgesetzt werden – diese zeigen insbesondere unterschiedliche Herangehensweisen für die Bewertung des Schallschutzes von kleinen Differenzierungsbereichen und Teamstationen, die in den vorgenannten Richtlinien nicht berücksichtigt sind. Um eine gute Übertragbarkeit auf andere Projekte zu ermöglichen, werden zu den Projekten auch die zugrundeliegenden Nutzungskonzepte erläutert.

Die beiden ersten Beispiele aus Dänemark und Norwegen zeigen offene Lernlandschaften, gefolgt von drei Beispielen für Clusterlösungen aus Deutschland. Im direkten Vergleich weisen die Grundrisse der Lernlandschaften eine größere Bandbreite von Raumlösungen für abgetrennte und halboffene Raumzonen innerhalb eines offenen gemeinschaftlichen Bereiches auf. Dabei wird auch der nahtlose Übergang von bauakustischen und raumakustischen Bewertungsmethoden deutlich. Die Planungen dieser Projekte basieren auf sehr unterschiedlichen Regelwerken und verwenden unterschiedliche Bewertungssysteme. Zur besseren Vergleichbarkeit der fünf bauakustischen Konzepte wird für den Schallschutz von abgeschlossenen Bereichen das bewertete Bau-Schalldämm-Maß betrachtet. Für die Wirkung von Abschirmungen in offenen Bereichen finden sich allein für das Nærheden Laerning Center konkrete Angaben zur akustischen Dämpfung von Sprache zwischen Gruppen durch diese Maßnahmen. Ebenfalls zur besseren Vergleichbarkeit werden alle raumoffenen Abtrennungen in den Plandarstellungen ohne Wert dargestellt. Die hier gezeigten Grundrissdarstellungen stellen also nicht in jedem Fall das Ergebnis der Originalplanung dar.

5.2.1 NÆRHEDEN LEARNING CENTER

Das Nærheden Laerning Center in Høje Taastrup bei Kopenhagen gilt als erste öffentliche Schule in Dänemark, die vollständig nach den Prinzipien der 21st Century Skills konzipiert ist. Das Raumkonzept wurde in einem dialogbasierten Prozess gemeinsam mit Lehrkräften, Pädagog*innen, der kommunalen Verwaltung, der Nachbarschaft und den Architekt*innen entwickelt und soll projektbasiertes und selbstorganisiertes Lernen unterstützen.

Die Schule ist als große offene Lernlandschaft konzipiert, die sich auch vertikal als »Lernloop« (Læringsloop) offen über mehrere Geschosse erstreckt.

Anstelle konventioneller Klassenräume bietet die Schule eine hohe Varianz an abgeschlossenen und offenen Bereichen, darunter vielfältige Raumzonen, Lagermöglichkeiten, Schausammlungen und großzügige Versammlungsorte.

16

Nærheden Learning Center

Architektur: Christensen & Co

Akustik: Claus Møller Petersen, Sweco

Fertigstellung: 2021



Hinweis zur Grafik: Um die geringen Nachhallzeiten im offenen Bereich sicherzustellen, sind bestimmte Möbelstücke gepolstert ausgeführt (Hier nicht dargestellt).

103. <https://byggningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/17/Vejledninger/Undervisningsbygninger>
 104. SBI, *SBI-anvisning 218, Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbygninger*
 105. Møller Petersen, SWECO, *OJ-Læringshuset Nærheden*

Über das gesamte Haus verteilt finden sich Rückzugsnischen, die von den Schüler*innen in unterschiedlichen Gruppengrößen genutzt werden. Mit weißen Markierungen auf dem Boden werden Raumzonen ausgewiesen, die unterschiedlich möbliert sind und von den pädagogischen Teams über das zentrale Raumsystem gebucht werden können. Offene Teeküchen, Garderoben vor den Terrassenausgängen sowie Werkstätten, Labore und Musikübungszellen ergänzen das räumliche Angebot.

Trotz ihrer unterschiedlichen Größe und Ausstattung dienen die abgeschlossenen Bereiche zugleich als feste »Homebases« für Lerngruppen, in denen der Tag beginnt und endet und in welchen die Schüler*innen ihre persönlichen Gegenstände aufbewahren können. Die Wände zum offenen Bereich sind sehr transparent gestaltet mit geringerem Schallschutz als zwischen den geschlossenen Bereichen – entsprechend den Vorgaben für Schallschutz an Schulen in Dänemark.

Der offene Bereich ist in viele unterschiedlich ausgestattete Zonen für die verschiedensten Aktionsformen unterteilt – von Einzelarbeiten, Gruppenarbeiten in unterschiedlichen Größen bis zu größeren Input- und Präsentationsbereichen. Um die notwendige akustische Dämpfung zwischen den Arbeitszonen zu gewährleisten, sind zwischen einigen Bereichen schallabsorbierende Schirme vorgesehen. Eine besondere Arbeitszone bilden die »Lerntreppen« im offenen Bereich. Sie tragen nicht nur zur offenen Verbindung der Stockwerke bei, sondern sind mit Bildschirmen ausgestattet und können für Vorträge und Präsentationen genutzt werden. Diese Bereiche können mit Schallschirmen vom offenen Bereich abgeschirmt werden.

Für die Bewertung der Schirme wird nicht das laut Dänischer Bauordnung vorgesehene Schalldämm-Maß für flexible Abtrennungen in offenen Bereichen ($R'_w > 20$ dB)¹⁰³ angewendet, sondern die im zusätzlichen Akustikleitfaden für Schul- und Kindergartenbau spezifizierten Werte zur Dämpfung von Sprache zwischen Gruppen ($D_{A,S}$ 15–20 dB).¹⁰⁴ Aufgrund der oben bereits angesprochenen Unsicherheiten hinsichtlich des erwarteten Hintergrundgeräuschs bei einer Neuplanung wurde für dieses Projekt keine Berechnung des *STI* (speech transmission index) vorgenommen.¹⁰⁵ Der Wert zur Dämpfung von Sprache zwischen Gruppen wird hier also als entscheidendes Kriterium zur Einschätzung der Sprachverständlichkeit in den offenen Bereichen verwendet.

17

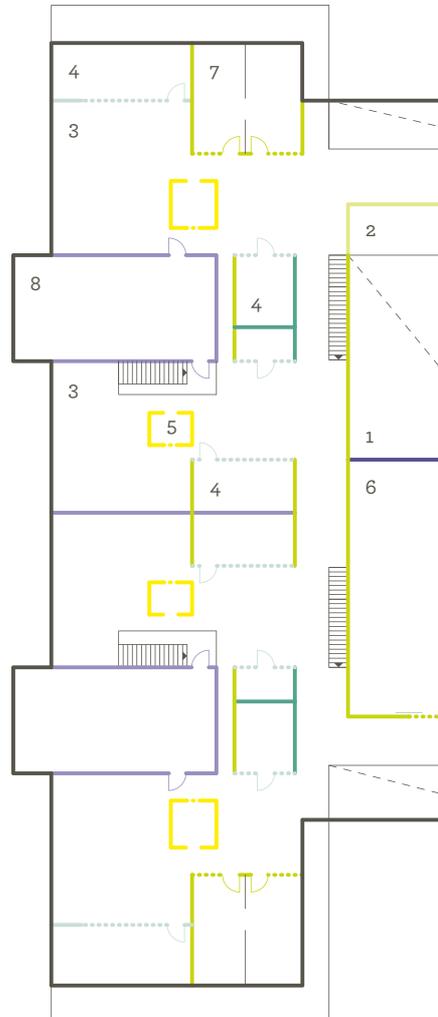
Ringstabekk Skole

Auszug Grundriss und Darstellung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes der innenliegenden Wände¹⁰⁶

Architektur: Div. A Arkitekter

Akustik: Multiconsult AS

Fertigstellung: 2005



- 1 Campo/Forum
- 2 Empore
- 3 Lernlandschaft
- 4 Gruppenraum
- 5 Think-Tank
- 6 Bibliothek
- 7 Teambereich
- 8 Auditorium

R'_w in dB

- 60
- 44/48
- 37
- 34
- 25
- Raumoffene Abschirmung

Maßstab 1:500

Hinweise zur Grafik: Die Think-Tanks sind in den Bauakustischen Unterlagen mit $R'_w > 60$ dB eingetragen und durch den Wert mit konkreten Hinweisen zum Wandaufbau verbunden. Da diese jedoch als raumoffene Boxen ausgeführt sind, werden sie in der Grafik – wie alle Abschirmungen in offenen Bereichen – ohne Wert dargestellt.

106. Bauakustikbericht *Offene Schule Waldau*
 107. https://www.isep.frankfurt-macht-schule.de/sites/default/files/mediathek/doku_inkl-schulen-planen-und-bauen_a4_final_ansicht_einzelseiten_barrierefrei.pdf
 108. Bauakustikbericht Notat Rinnstabekk Skole
 109. Ebd.

5.2.2 RINGSTABEKK SKOLE

Die Ringstabekk Skole in Baerum bei Oslo in Norwegen ist eine Sekundarschule für die Jahrgangsstufen 8 bis 10, deren pädagogisches Konzept komplett auf projektbasiertes Lernen ausgerichtet ist. In dieser Schule gibt es daher keine klassischen Stundenpläne mehr, sondern individuelle, auf die aktuellen Projekte abgestimmte Zeitpläne. Das Lernen und Arbeiten findet in rhythmisierten und variablen Lehr- und Lernformaten statt, welche sich räumlich in der offenen Lernlandschaft widerspiegeln.¹⁰⁷

Um ein gemeinsam genutztes Auditorium sind zwei Lernbereiche für jeweils 60 Schüler*innen angeordnet, welche größere gemeinsame Lernzonen und kleinere Gruppenräume unterschiedlicher Größe sowie raumoffene Think-Tanks umfassen, die für intensive Gruppengespräche, kurze Inputs oder als geschützter Rückzugsbereich genutzt werden. Die Think-Tanks sind so platziert, dass sie innerhalb der offenen Lernlandschaft als Schallschleuse wirken und daher von außen auch als kleine Präsentationszone genutzt werden können.

Das bauakustische Konzept wurde gemeinsam mit dem Kollegium entwickelt, um einerseits den Schallschutz der Wände auf die Bedarfe der Schule abzustimmen und andererseits die Nutzer*innen genau darüber zu informieren, welcher Grad an Vertraulichkeit durch die Wände zu erwarten ist. So weisen beispielsweise die transparenten Wände der Gruppenräume zum offenen Bereich ein Bau-Schalldämm-Maß von lediglich $R'_w > 24$ dB auf. Die Wände zur Teamstation sind höher mit $R'_w > 34$ dB bemessen.¹⁰⁸

Der Übersichtsplan der bauakustischen Werte der Schule verdeutlicht die große Bandbreite unterschiedlicher Schalldämm-Maße der Wände von abgetrennten Bereiche innerhalb der offenen Lernlandschaften. Für Aktionsformen, die besonders störend für andere sind, wie beispielsweise Vorträge mit großen Gruppen, stehen die Auditorien zur Verfügung, welche mit $R'_w > 48$ dB entsprechend hoch schallgedämmt und nicht transparent sind.

Der Grundgedanke des Schallschutzkonzeptes geht über das Ziel der notwendigen akustischen Trennung hinaus, denn es geht auch darum, welcher Grad des hörbaren Erlebens für den sozialen Zusammenhalt der Schule notwendig ist. So ist z. B. das zentrale zweigeschossige Forum (Campo), das Herz der Schule mit Cafeteria und Raum für die unterschiedlichsten Veranstaltungen, mit $R'_w > 34$ dB vergleichsweise gering von den umgebenden Lernlandschaften im Obergeschoss schallisoliert, weil der Schule wichtig ist, dass gemeinschaftsbildende Schulaktivitäten im Gebäude wahrgenommen werden.¹⁰⁹

18

Offene Schule Waldau in Kassel

Architektur: C. F. Møller

Akustik: IBC

Fertigstellung: voraussichtlich 2026

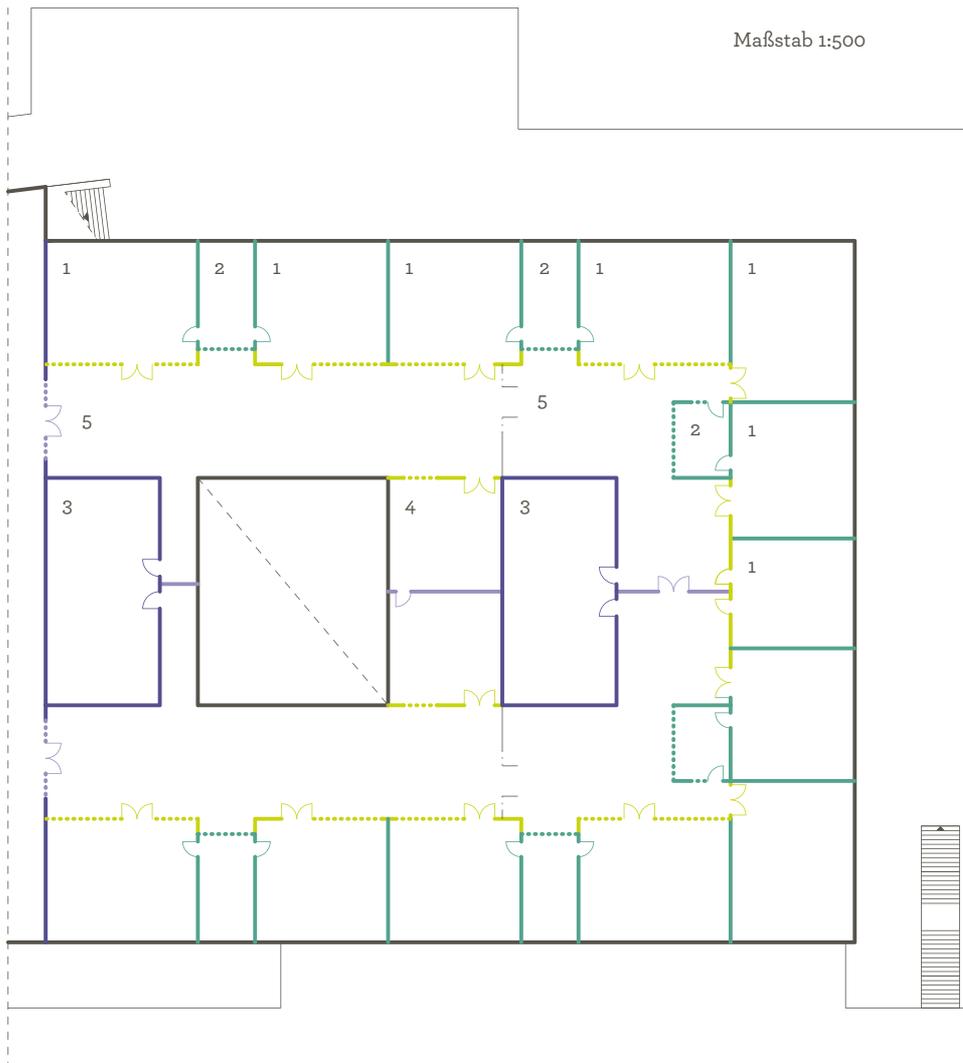
(in Planung)

- 1 Lernort
- 2 Differenzierung
- 3 Erschließung/
WC / Funktion
- 4 Teambereich
- 5 Offene Mitte

R'_{w} in dB

- 52
- 47
- 37
- 27

Maßstab 1:500



5.2.3 OFFENE SCHULE WALDAU IN KASSEL

Die Offenen Schule Waldau (OSW) in Kassel ist eine Versuchsschule des Landes Hessen. Sie ist reformpädagogisch orientiert und gilt als bundesweites Vorbild für inklusive Bildung. Zu ihren Schwerpunkten gehören die systemische Ausbildung selbstorganisierter und individualisierter Lernformen, soziales Lernen sowie Berufsorientierung. Die sechszügige integrierte Gesamtschule mit 900 Kindern und Jugendlichen wurde 2006 mit dem Deutschen Schulpreis ausgezeichnet. Ein Merkmal der Schule ist die starke Jahrgangsbinding, weshalb die Schule in 6er-Clustern für jeweils einen Jahrgang organisiert ist.

Der Neubau der Schule ist ein »Schulbau Open Source«-Pilotprojekt der Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft in Kooperation mit der Stadt Kassel.

Der hier abgebildete Grundriss zeigt ein Cluster der Jahrgangsstufe 5, in welchem die Lernorte noch eine wichtige Funktion als Homepage haben. Charakteristisch für das bauakustische Konzept, welches gemeinsam mit den Nutzer*innen entwickelt wurde, ist das geringe Bau-Schalldämm-Maß der Wände zwischen Lernorten und der offenen Mitte von $R'_W > 27$ dB. Diese Abtrennungen mit einem hohen Anteil an transparenten Flächen sollen als »geöffnete« Wand wahrgenommen werden. Im Regelfall werden die Türen also offenstehen, damit die Mitte gut als Raumressource für eigenständiges Arbeiten alleine oder in kleinen Gruppen aktiviert werden kann. Im Gegensatz dazu haben die Wände der eingeschobenen Gruppenräume durchgängig das höhere Bau-Schalldämm-Maß von $R'_W > 37$ dB und bieten damit eine höhere Abschirmung als Rückzugsort.¹¹⁰

19

Gymnasium Herrsching

Architektur: Schürmann Dettinger Architekten

Akustik: Krebs & Kiefer

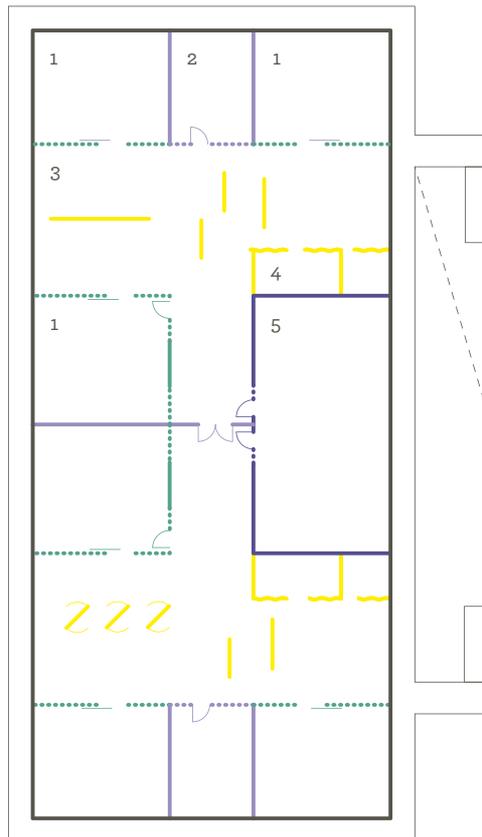
Fertigstellung: voraussichtlich 2025 (in Planung)

- 1 Lernort
- 2 Teambereich
- 3 Offene Mitte
- 4 Rückzug
- 5 Erschließung/
wc / Funktion

R'_w in dB

- 52
- 47
- 35
- Raumoffene
Abschirmung

Maßstab 1:500



111. Bauakustikbericht *Neubau Gymnasium Herrsching*

112. VDI 2569:2019-10, Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros

5.2.4 GYMNASIUM HERRSCHING

Der Bau des neuen Gymnasiums am Ortsrand von Herrsching setzt sich aus mehreren Lernhäusern in Clusterbauweise zusammen. Zwei 3er-Cluster mit je einer Teamstation und einer durch unterschiedliche Möblierungselemente ausdifferenzierten großen Mitte sind an einen gemeinsamen Treppenhauskern mit WC angeschlossen. Die Wände der Lernorte weisen zum offenen Bereich hin eine hohe Transparenz auf.

Bei diesem Projekt diente die österreichische Normung als Orientierung für das bauakustische Konzept. Somit wurde an die Trennwände zwischen Unterrichtsräumen und offenen Lernbereichen eine Anforderung einer Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w} = 35$ dB gestellt. An zwei nebeneinander liegende Unterrichtsräume wurden Anforderungen je nach Situation von $D_{nT,w} = 30-44$ dB gestellt.¹¹¹ Dies resultiert aus der Annahme eines Grundgeräuschpegels von 35 dB und der »Tabelle 3 Hör- und Verstehbarkeit von Sprache« aus der VDI 2569.¹¹² Ziel der Planung war es, informationshaltigen Geräuschen aus dem Nachbarraum den Informationsgehalt zu entziehen. Somit wird z. B. ein Gespräch zwar noch wahrnehmbar, aber nicht mehr verständlich und somit signifikant weniger ablenkend und somit auch weniger störend. Die bauakustischen Maßnahmen funktionieren jedoch nur in Kombination mit raumakustischen Maßnahmen zur Bedämpfung und Abschirmung.

20

Berufliche Schule Witzenhausen

Architektur (Umbau + Sanierung): Jörg-Michael Brückner

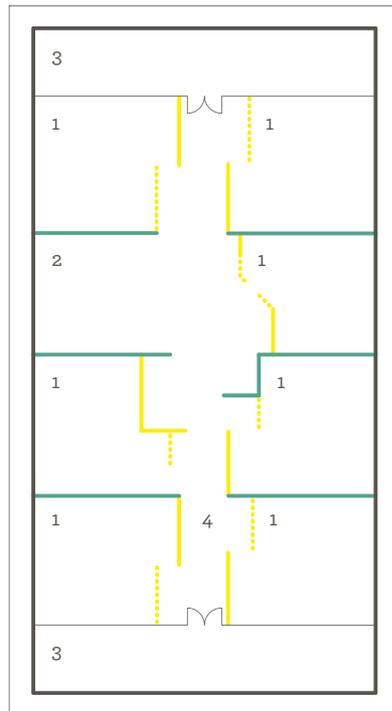
Fertigstellung: 2011

- 1 Lernort
- 2 Multifunktionsbereich
- 3 Erschließung/
wc / Funktion
- 4 Offener Lernbereich

R'_{w} in dB

- 33
- Raumoffene
Abschirmung

Maßstab 1:500



113. Doberer / Brückner, *Von der Flurschule zur Lernlandschaft*
 114. Bauakustikbericht *Berufliche Schulen Witzenhausen*

5.2.5 BERUFLICHE SCHULE WITZENHAUSEN

Die Berufliche Schule Witzenhausen in Deutschland wurde im Zuge einer Renovierung 2011 zu einer Cluster-Schule umgebaut. Ursprünglich wegen einer Asbestsanierung wurde der zweihüftige Grundriss einer klassischen Flurschule mit Mittelflur dabei bis auf das Rohbauskelett freigelegt. Das gab der Schule die Möglichkeit, das Raumkonzept den pädagogischen Entwicklungszielen anzupassen und mehr Raum für eigenverantwortliche und selbstgesteuerte Lernformate zu schaffen – beispielsweise Lernwerkstattprinzip, Übungsfirmen und Lernbüro (vgl. u. a. das Qualitätsleitbild der Schule unter bs-witzenhausen.de).

So wurde der ehemalige Flur als Lern- und Aufenthaltsbereich umgestaltet, der in offener Verbindung zu den Lernorten steht. Anstelle von durchgehenden Wänden mit Türen wurden versetzt angeordnete raumhohe Wandscheiben als Möbel- bzw. Glaselemente eingebaut, welche offene Raumnischen für Rückzug und konzentriertes Arbeiten bilden. Die verschachtelte Raumstruktur wird auch innerhalb der Lernorte durch bewegliche Sideboards fortgeführt. Des Weiteren wurde innerhalb des Clusters ein ehemaliger Klassenraum zu einem Multifunktionsraum umgebaut, welcher für individuelles Lernen, aber auch als Vortragsbereich genutzt werden kann. Die einzigen Türen befinden sich zwischen den Clustern und dem Treppenhaus sowie zum Lehrerstützpunkt. Alle anderen Bereiche sind offen gestaltet.¹¹³

Der Umbau wurde von Beginn an als akustisches Experiment betrachtet. Anstelle eines Schallschutznachweises in der Planung wurde der Umbau in Kooperation mit Herstellerfirmen von Akustikwänden durch Messungen begleitet und Entscheidungen an Musterräumen vor Ort getroffen. Deswegen ist die Schule Gegenstand einer Reihe raumakustischer Untersuchungen, insbesondere zur Veränderung der Sprachverständlichkeit. Bezogen auf die Wandqualitäten wurde zwischen den Klassenräumen zueinander ein bewertetes Bau-Schalldämm-Maß von $R'_W > 32-33$ dB und vom offenen Bereich zu den Klassenräumen ein R'_W von 18-29 dB gemessen.¹¹⁴ Da es sich um Messungen innerhalb eines offenen Raumverbundes handelt, sind die Werte nicht mit den Angaben aus den Referenzprojekten zu vergleichen. Die Wände zwischen den Lernorten sind in ihrem Aufbau in etwa den Wänden aus dem Kasseler Projekt vergleichbar, daher sind diese in der Grafik ebenfalls in grün wiedergegeben.

ANHANG

6. GLOSSAR

Das Glossar zeigt mit einer Auswahl wichtiger Begriffe, welche Herausforderungen es in der Akustik für die Planung gibt und wie diese zusammenhängen. Es ist kein reines Fachglossar, sondern ein Glossar für alle am Schulbau Beteiligten, die sich im Kontext ihres Projektes für die Akustik als Planungsthema interessieren.

ABKLINGRATE

Die Abklingrate ist ein entscheidender Parameter zur Bewertung der Wirksamkeit von Abschirmungen in einem offenen Raumbereich. Spezifischer kann die Abklingrate auch als Ausbreitungsdämpfung der Sprache bestimmt werden. Dieser Wert beschreibt die Reduzierung des Sprachpegels pro Entfernungsverdopplung. Er wird maßgeblich durch die Absorptionseigenschaften der Raumbegrenzungsflächen und weiterer Hindernisse entlang des Ausbreitungsweges beeinflusst.

ABSCHIRMUNG

Unter Abschirmung versteht man Objekte in offenen Raumbereichen, die dazu dienen, die Schallausbreitung und damit Störungen beispielsweise zwischen unterschiedlichen Arbeitszonen zu minimieren. Zu Abschirmungen zählen

beispielsweise freistehende Möbel, Wandelemente oder auch bewegliche Schallschirme und Vorhänge, die im Gegensatz zu Abtrennungen keine raumabschließenden Bauteile wie Wände oder Türen sind. Abschirmungen können ihre Funktion nur dann erfüllen, wenn die angrenzenden Flächen, wie zum Beispiel die Decke, schallabsorbierend sind und somit Reflexionen um den Schirm herum effektiv gedämpft werden.

AUSBREITUNGSDÄMPFUNG

→ siehe **Abklingrate**

BAUAKAUSTIK

Die Bauakustik befasst sich mit der Eigenschaft raumabschließender Bauteile wie Wände, Decken, Türen und Fenster, die die Ausbreitung von Schall von einem Raum in einen anderen mindern. Raumtypologien wie Cluster und offene Lernland-

schaften beinhalten eine Vielfalt an Typen von Wänden, Türen und Fenstern für offene Bereiche, Differenzierungsräume, Think-Tanks und Teamstationen, die bislang im Schulbau nicht betrachtet werden. Der vorliegende Leitfaden bietet für die Abtrennungen zu diesen Raumbereichen eine Orientierungshilfe. Da auch halb-offene, bewegliche Wandelemente oder freistehende Abschirmungen zur Raumgliederung verwendet werden, die ebenfalls die Schallausbreitung in angrenzende Bereiche verringern sollen, ergibt sich ein fließender Übergang zu Fragen der Raumakustik.

BEWERTETES

BAU-SCHALLDÄMM-MASS

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w beschreibt die Fähigkeit raumabschließender Bauteile, den Durchgang von Luftschall von einem Raumbereich in

den anderen zu verringern. Die Vorgaben für diesen Wert aus der DIN 4109 für den Schulbau betreffen konventionelle Klassenraumwände, weshalb sich diese Standards auf Wände und Türen innerhalb von Clustern und offenen Lernlandschaften nicht anwenden lassen.

BEWERTETE STANDARD-SCHALLPEGELDIFFERENZ

Die Schallpegeldifferenz beschreibt die Differenz der Schalldruckpegel, die in zwei unterschiedlichen Räumen gemessen werden. Sie gibt somit das Ergebnis der Schalldämmung eines Bauteiles wieder und kann – im Gegensatz zum Bau-Schalldämm-Maß – auch in ganz unterschiedlichen Raumsituationen sinnvoll eingesetzt werden. Da die Schallpegeldifferenz zudem der tatsächlich wahrgenommenen Reduzierung des Schallpegels aus einem benachbarten Raum entspricht, eignet sie sich besonders für erste Absprachen zur Wandqualität im Dialog mit Nutzer*innen in den frühen Entwurfsphasen – beispielsweise bei Fragen nach der Vertraulichkeit.

CLUSTER

Cluster sind Raumgruppen, in denen mehrere Lern- und Unterrichtsräume gemeinsam mit den dazugehörigen Team-, Differenzierungs-, Aufenthalts-Erholungsbereichen sowie den dazugehörigen Lager- und Sanitärbereichen zu einer eindeutig identifizierbaren Einheit zusammengefasst werden. Sie erfordern eine gute raumakus-

tische Planung, um das parallele Stattfinden verschiedener Aktivitäten in einem ausgedehnten offenen Bereich zu ermöglichen. Cluster sind bauakustisch relevant, da sie eine Vielfalt an Raumtypen wie offene Bereiche, Differenzierungsräume, Think-Tanks und Teamstationen umfassen, die bislang im Schulbau nicht betrachtet wurden, weshalb konventionelle Vorgaben für Schalldämmung nicht übertragen werden können.

DIFFERENZIERUNG

Die gezielte individuelle Förderung von Lernenden mit unterschiedlichen Voraussetzungen erfordert zumeist auch eine räumliche Differenzierung in verschiedene Lerngruppen. »Äußere Differenzierung« bedeutet die Aufteilung von Lernenden nach bestimmten Kriterien in verschiedene, möglichst homogene Gruppen (und meist in verschiedenen Räumen). »Innere Differenzierung« bedeutet, dass für die einzelnen Schüler*innen einer Lerngruppe, die in ihrer normalen Zusammensetzung immer heterogen ist, unterschiedliche Niveau-Stufen / Themenschwerpunkte, Zeiträume etc. angeboten werden.

HALLIG

Ein Raum wird als hallig bezeichnet, wenn er eine hohe Nachhallzeit aufweist. Schallereignisse bleiben dadurch lange im Raum hörbar, überlagern sich und können so zu geringerer Deutlichkeit von Sprache und Klarheit von Musik sowie zu einem erhöhten Hintergrundgeräuschpegel führen. Besonders

unangenehm wird es empfunden, wenn Gespräche immer lauter geführt werden müssen, um den Hintergrundlärm zu übertönen, was den Gesamtschallpegel weiter ansteigen lässt. Dennoch muss eine gewisse Halligkeit nicht immer von Nachteil sein: In großen Hallen oder auf Galerien können beispielsweise gute Arbeitsplätze entstehen, weil die höheren Decken und das größere Rauminvolumen zwar die Sprachverständlichkeit über Distanzen hinweg verringern. Parallel stattfindende Aktivitäten im Raum führen dann zu einem diffuseren Hintergrundgeräusch, was bei Gesprächen zwischen zwei Personen oder in kleinen Gruppen ein Gefühl von Intimität erzeugen kann.

HINTERGRUNDGERÄUSCHPEGEL

Der Hintergrundgeräuschpegel hat einen wesentlichen Einfluss auf die Sprachverständlichkeit und die akustische Qualität von Räumen im Allgemeinen. Er steht in direktem Zusammenhang mit der Anzahl der Personen und ihren Aktivitäten in einem Raum. Aus diesem Grund lässt er sich als rechnerischer Parameter – beispielsweise für Simulationen – nur schwer im Voraus bestimmen. Der Hintergrundgeräuschpegel wird durch die Nachhallzeit beeinflusst, weshalb diese in Räumen, in denen parallele Aktivitäten stattfinden, besonders niedrig gehalten werden sollte.

LÄRM

Die Begriffe Ruhe und Lärm beschreiben gewünschte beziehungsweise unerwünschte

akustische Umgebungen nur ungenau. Üblicherweise wird Lärm mit hoher und Ruhe mit niedriger Lautstärke assoziiert. In der Realität können jedoch bereits geringe Lautstärken, wie zum Beispiel Gespräche am Nebentisch, in einer ansonsten ruhigen Umgebung als sehr störend wahrgenommen werden. In solchen Fällen kann ein erhöhter Hintergrundgeräuschpegel sogar dazu beitragen, dass parallel arbeitende Lerngruppen in einem Raum sich weniger gegenseitig stören, da Nebengespräche im Hintergrundrauschen untergehen. Bei der Planung der Akustik von Clustern und Lernlandschaften geht es daher nicht nur um Ruhe und Lärm, sondern vielmehr um die Ausbreitungsdämpfung von Sprache sowie um die gewünschte oder unerwünschte Sprachverständlichkeit.

LUFTSCHALL

Die vorliegende Studie konzentriert sich ausschließlich auf die Aspekte des Luftschalls, also Geräusche, die durch Schallquellen im Raum – wie zum Beispiel sprechende Personen – erzeugt werden und die sich durch Luft und Wände in andere Raumteile ausbreiten. Ein weiteres bedeutendes Gebiet der Bauakustik ist der Körperschall – beispielsweise Trittschall –, der sich durch direkte Anregung von Bauteilen innerhalb eines Bauwerks verbreitet. Zu diesem Thema werden in dieser Studie keine neuen Erkenntnisse vorgelegt.

NACHHALLEIT

Die Nachhallzeit beschreibt die Dauer, in der ein Schallereignis in einem Raum nach dem verstummen der Schallquelle weiterhin hörbar bleibt. Sie wird durch den Schallabsorptionsgrad der umgebenden Oberflächen und das Raumvolumen beeinflusst. Im Schulbau wird die Nachhallzeit gemäß DIN 18041 in Abhängigkeit vom Raumvolumen betrachtet: Ein größeres Raumvolumen erlaubt demnach eine längere Nachhallzeit bei gleicher Nutzung.

OFFENHEIT UND TRANSPARENZ

Offenheit und Transparenz in Clustern und offenen Lernlandschaften sind eine Anforderung der Pädagogik, um gute Kommunikation und gegenseitige Wahrnehmung innerhalb eines Lernbereiches zu gewährleisten. Sind die konkreten pädagogischen Bedarfe und das akustische Konzept gut aufeinander abgestimmt, lassen sich akustische Störungen in einem offenen Lernbereich gut vermeiden.

OFFENE LERNLANDSCHAFT

Das Modell der offenen Lernlandschaft löst sich vom herkömmlichen Verständnis eines allgemeinen, nach Klassenräumen gegliederten Lern- und Unterrichtsbereichs und folgt dem Konzept eines stärker individualisierten und eigenverantwortlichen Lernens. Ähnlich wie bei einem Cluster werden meist räumliche Einheiten gebildet, die als »Homebase« für drei bis

vier Lerngruppen gemeinsam mit Arbeitsbereichen für ihr pädagogisches Team dienen. Offene Lernlandschaften erfordern eine gute raumakustische Planung, um das parallele Stattfinden verschiedener Aktivitäten in einem ausgedehnten offenen Bereich zu ermöglichen.

RAUMAKUSTIK

Die Raumakustik befasst sich mit der Fragestellung, wie durch den Einsatz geeigneter Raumgeometrien und Materialien optimale Hörbedingungen in Räumen erzielt werden können. Im Bereich des Schulbaus lag der Fokus konventionell darauf, innerhalb eines Klassenraumes Bedingungen zu schaffen, die gewährleisten, dass eine sprechende Person von jedem Platz im Raum aus gut verstanden werden kann. Dabei wurde vor allem die Nachhallzeit als wesentlicher Faktor betrachtet. Im Gegensatz dazu sind die gemeinschaftlich genutzten Bereiche von Clustern und offenen Lernlandschaften nicht nur deutlich größer als klassische Klassenräume, sondern es geht auch darum, parallele Aktivitäten innerhalb eines Bereichs zu ermöglichen, ohne dass diese sich gegenseitig stören. Dies erfordert die Berücksichtigung weiterer Aspekte wie Sprachverständlichkeit und die Ausbreitungsdämpfung von Sprache, was den Einsatz komplexerer Simulationsverfahren notwendig macht, die bisher im Schulbau nicht standardmäßig verwendet wurden.

RUHE

→ siehe **Lärm**

SCHALL-ABSORPTIONSGRAD

Der Schallabsorptionsgrad beschreibt die Fähigkeit von Materialien, Schallenergie zu absorbieren und in Wärme umzuwandeln. Diese Materialien können porös und offenporig (z. B. Akustik-Schaumstoff) sein, als feste gelochte Platte vor einem Luftraum oder einer porösen Dämmschicht (Lochplattenschwinger, z. B. Gipskarton-Lochdecke) oder auch als schwingende geschlossene Platte (Plattenschwinger) ausgeführt werden. Die Schallabsorption ist dabei frequenzabhängig, das heißt sie ist bei unterschiedlichen Frequenzen unterschiedlich stark ausgeprägt.

SCHALLDÄMMUNG

Schalldämmung bezeichnet die akustische Trennung von Räumen und ist daher ein zentraler Aspekt der Bauakustik. Entscheidende Parameter sind das Bauschalldämmmaß und die Schallpegeldifferenz.

SCHALLDÄMPFUNG

Bezeichnet Maßnahmen zur akustischen Optimierung von Räumen durch schallabsorbierende Materialien und Ausstattung. Die Schalldämpfung ist ein wesentlicher Aspekt der Raumakustik. Dabei geht es vor allem darum, die Schallenergie auf ihrem Ausbreitungsweg durch Absorption von Luftschall zu reduzieren.

SCHALLDRUCKPEGEL

Der Schalldruckpegel ist ein messbarer physikalischer Wert, der umgangssprachlich mit Lautstärke übersetzt werden kann.

SCHALLSCHIRM

→ siehe **Abschirmung**

SCHALLSCHLEUSE

Eine Schallschleuse kann die Schallausbreitung in akustisch sensible Bereiche wirkungsvoll reduzieren. Hierbei handelt es sich nicht nur um Türschleusen. Auch offene Passagen, die als räumliche Einschnürungen konzipiert und mit hoch absorbierenden Materialien ausgestattet sind, können die Schallübertragung erheblich verringern. Beim Durchqueren solcher Passagen wird die unterschiedliche Halligkeit beim Raumübergang akustisch wahrnehmbar.

SCHALLTROCKEN

Ein Raum gilt als schalltrocken, wenn er durch den Einsatz von absorbierenden Oberflächen eine kurze Nachhallzeit aufweist. Die hier für offene Schulkonzepte vorgeschlagenen Werte für die Nachhallzeit führen zu trockenem, aber für die Nutzung geeigneten Räumen. Zu stark bedämpfte und damit zu trockene Räume können als unangenehm empfunden werden, weil der Raum in seinen Dimensionen zwar visuell wahrgenommen wird, die erwartete akustische Umgebung jedoch nicht zu diesem Eindruck passt. Zudem ist eine Kommunikation über größere Distanzen in solchen Räumen deutlich eingeschränkt.

SIGNAL-RAUSCH-ABSTAND

Der Signal-Rausch-Abstand ist ein wesentlicher Parameter für die Sprachverständlichkeit. Damit Sprache gut verstanden werden kann, muss sie sich deutlich von anderen Geräuschen abheben – der Abstand muss also hoch sein. Wenn hingegen Störungen durch andere Gespräche vermieden werden sollen, sollte der Abstand entsprechend niedriger sein. Entscheidend für den Signal-Rausch-Abstand ist der Hintergrundgeräuschpegel und wie das Sprachsignal auf seinem Weg zu den Zuhörenden durch schallabsorbierende beziehungsweise schallreflektierende Raumbegrenzungsflächen beeinflusst wird.

SPRACHVERSTÄNDLICHKEIT

Die Sprachverständlichkeit ist der zentrale Parameter, wenn es darum geht zu beurteilen, wie gut mehrere Lerngruppen parallel in einem gemeinsamen Raumbereich arbeiten können. Innerhalb einer Lerngruppe sollte die Sprachverständlichkeit zwischen den Personen hoch und das Störgeräusch niedrig sein, um eine gute Kommunikation zu gewährleisten. Zwischen verschiedenen Lerngruppen sollte die Sprachverständlichkeit hingegen möglichst niedrig sein, um gegenseitige Störungen zu minimieren. Bei Einzel- oder Partnerarbeit ist vor allem der letztgenannte Aspekt von Bedeutung. Je größer die Gruppe, die auf gute Sprachverständlichkeit angewiesen ist, desto eher werden zur Ermöglichung paralleler Aktivitäten in einem gemeinsamen Raumbereich

Abschirmungen oder eine Verschachtelung zur Raumgliederung notwendig. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, die Schallausbreitung in andere Bereiche zu mildern bzw. die Sprachverständlichkeit innerhalb des eigenen Bereichs zu verbessern.

VERSCHACHTELUNG

Durch Verschachtelungen im Grundriss kann bereits in der Primärstruktur eine Gliederung von offenen Raumbereichen in unterschiedliche Zonen erreicht werden. Je mehr der Schallweg abgelenkt und durch Reflexionen verlängert wird, desto besser kann eine Schallausbreitung zwischen Raumzonen vermindert werden. Wesentlich ist dabei ein hoher Schallabsorptionsgrad der raumabschließenden Oberflächen.

VERTRAULICHKEIT

Die Thematik der Vertraulichkeit, die bisher hauptsächlich im Kontext des Bürobaus eine Rolle spielte, verdeutlicht, dass Cluster und offene Lernlandschaften in ihrer Struktur eher Bürobauten ähneln als konventionellen Flurschulen. Durch die Frage nach der gewünschten Vertraulichkeit können mit den Nutzer*innen individuelle bauakustische Konzepte für die vielfältigen Raumbereiche wie Differenzierungsräume, Think-Tanks oder Teamstationen entwickelt werden. Dabei kann zum Beispiel erörtert werden, ob Gespräche aus benachbarten Räumen hörbar, aber nicht mehr verständlich sein sollen, um eine gute Balance zwischen Offenheit und Diskretion zu gewährleisten.

7. NORMEN, REGELWERKE UND LITERATUR

Ahnert, Wolfgang /

Tennhardt, Hanns-Peter:

Raumakustik. In: Weinzierl, Stefan (Hg.), *Handbuch der Audiotechnik.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2008, S. 181 – 266.

AS / NZS

Australian / New Zealand Standard:

AS/NZS 2107:2016. *Acoustics – Recommended design sound levels and reverberation times for building interiors.* October 2016.

BaA Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:

ASR Technische Regeln für Arbeitsstätten, ASR A 3,7, Lärm. Ausgabe: März 2021.

Bauakustikberichte

– **Berufliche Schulen Witzenhausen.**

Acoustic measurements – final report. Jeroen Vugts. 2017. <https://docplayer.org/71473917-Berufliche-schulen-witzenhausen.html>

– **Lernzentrum Nærheden.** Læringshuset Nærheden Akustik Asbuilt notat. Claus Møller Petersen/WECO, OJ. 2020.

– **Neubau Gymnasium Herrsching mit 3-fach Sporthalle.** *Bauakustikbericht LP4.* Krebs+Kiefer Ingenieure GmbH. 25.08.2021.

– **Notat Ringstabekk Skole.** *Multiconsult.* 16.03.2004.

– **Offene Schule Waldau (OSW) Kassel.** *Bauakustikbericht LP3: Schallschutznachweis nach DIN 4109.* IBC Ingenieurbau-Consult GmbH 23.06.2023.

Bradley, John S.:

Speech intelligibility studies in classrooms. In: *Journal of the Acoustical Society of America* 80 (3), 1986, S. 846 – 854. doi:10.1121/1.393908

Bradley, John S. / Sato, Hiroshi:

The intelligibility of speech in elementary school classrooms. In: *Journal of the Acoustical Society of America*, 123 (4), 2008, S. 2078 – 2086. doi:10.1121/1.2839285

DMEBA Danish Ministry of Economic and Business Affairs / Danish Enterprise and Construction Authority:

Building Regulations 2010. Dezember 2010.

DIN Deutsches Institut für Normung:

- **DIN 4109-1:2018-01.** Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen. Ausgabe 2018-01.
- **DIN 4109:1989-11,** Beiblatt 2. Schallschutz im Hochbau – Hinweise für Planung und Ausführung. Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz. Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. Ausgabe 1989-11.
- **DIN 18041:2016-03.** Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Ausgabe 2016-03.
- **DIN EN 60268-16:2012-05.** Elektroakustische Geräte – Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex. Ausgabe 2012-05.
- **DIN EN ISO 3382-1:2009-10.** Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 1: Aufführungsräume. Ausgabe 2009-10.
- **DIN EN ISO 3382-3:2022-04.** Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 3: Großraumbüros. Ausgabe 2022-04.

Doberer, Karin / Brückner, Jörg-Michael:

Von der Flurschule zur Lernlandschaft.
In: Zur Zukunft des Schulbaus. An der Schnittstelle von Pädagogik und Architektur. Lehren & Lernen Nr. 12. 2013.

DSNZ Designing Schools in New Zealand:

Designing Quality Learning Spaces (DQLS)
– Acoustics 3.0. December 2020.
<https://assets.education.govt.nz/public/Documents/Primary-Secondary/Property/Design/Flexible-learning-spaces/DQLS-Acoustics-v-3.1-31-May-2024-Final-1.pdf>

EFA Education Funding Agency:

Acoustic design of schools: performance standards. Building Bulletin 93.
February 2015.
https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a8170d3e5274a2e8ab54012/BB93_February_2015.pdf

Fasold, Wolfgang / Sonntag, Ernst / Winkler, Helgo:

Bau- u. Raumakustik. Bauphysikalische Entwurfslehre Bd. 6. Verlag für Bauwesen. Berlin. 1987.

Greenland, Emma E. / Shield, Bridget M.:

A survey of acoustic conditions in semiopen plan classrooms in the United Kingdom.
In: Journal of the Acoustical Society of America 130 (3), 2011, S. 1399 – 1410.
doi:10.1121/1.3613932

Harvie-Clark, Jack / Larrieu, Felix / Opsanger, Cecilie:

ISO 3382-3: Necessary but not sufficient. A new approach to acoustic design for Activity-Based-Working offices. Conference paper. Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics, 9 – 13 September 2019 in Aachen, Germany.

Hongisto, Valteri:

A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance.
In: Indoor Air 2005, 15 (6), S. 458 – 468.

IOA / ANC Institute of Acoustics / Association of Noise Consultants:

Acoustics of Schools: a design guide.
Canning, D., Cogger, N., Greenland, E., Harvie-Clark, J., James, A., Oeters, D., Orłowski, R., Parkin, A., Richardson, R., Shield. November 2015.

ISO International Organization for Standardization:

- **ISO 23591:2021-09.** *Acoustic quality criteria for music rehearsal rooms and spaces.* Ausgabe 2021-09.
- **ISO 22955:2021-05.** *Acoustics – Acoustic quality of open office spaces.* Ausgabe 2021-05.

IST Icelandic Standards:

IST 45:2016. Acoustic conditions in buildings – Sound classification of various types of buildings. Icelandic Standard, Iceland.

Maue, Jürgen H.:

Äkustische Gestaltung von Klassenzimmern. Publikation des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). In: *Der Sicherheitsingenieur* 6/2012, S. 26 – 30. https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/grl/pdf/2012_066.pdf

Mealings, Kiri:

Classroom acoustic conditions: Understanding what is suitable through a review of national and international standards, recommendations, and live classroom measurements. Proceedings of ACOUSTICS 2016. Brisbane, Australia. November 2016.

Møller Petersen, Claus:

SWECO, OJ-Læringshuset Nærheden. Akustisk Asbuil notat. 2020.

Møller Petersen, Claus /

Rasmussen, Birgit:

Acoustic design of open plan schools and comparison of requirements. In P. Juhl (Hg.), Proceedings of BNAM2012 Nordic Acoustic Association. 2012. http://vbn.aau.dk/files/69932466/BNAM2012_Paper73CMP_BiR_AcousticDesignOpenPlanSchools.pdf

Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft:

Schulen planen und bauen 2.0. Grundlagen, Prozesse, Projekte. Aktualisierte und ergänzte Aufl. Berlin/Seelze 2017.

Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft / Bund Deutscher Architektinnen und Architekten BDA / Verband Bildung und Erziehung VBE:

Leitlinien für leistungsfähige Schulbauten in Deutschland. 4., überarbeitete Aufl. Bonn / Berlin 2022.

Neubauer, Reinhard O.:

- *Die Klassifizierung des Schallschutzes $D_{NT,W}$ mithilfe des Schalldämm-Maßes R'_W .* In: *Bauphysik* 43, 2021. H. 6, S. 400 – 410. <https://doi.org/10.1002/bapi.202100036>
- *Schalldämmung und Schallschutz – Vergleich von bewertetem Bau-Schalldämm-Maß R'_W und bewerteter Standard-Schallpegel-differenz $D_{NT,W}$.* In: *Bauphysik* 43, 2021. H. 1, S. 18 – 26. <https://doi.org/10.1002/bapi.202000024>

NS Norges Standardiseringsforbund (Norwegian Standards):

NS 8175:2012. Acoustic conditions in buildings – Sound classification of various types of building.

ÖISS Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau:

Richtlinien für den Bildungsbau. Sammelmappe. Stand August/2023.

ÖNORM Austrian Standards:

ÖNORM B 8115-2:2021-04. Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 2: Methodik zur Ermittlung von Schallschutzniveaus. ON. Wien. <https://www.bdb.at/Service/NormenDetail?id=695152>

Oseland, Nigel:

Open Plan Classrooms, Noise & Teacher Personality. 2018. <https://workplaceunlimited.com/Open%20plan%20&%20teacher%20personality%20v3.4.pdf>

Sälzer, Elmar/Freimuth, Herbert:

Schallschutz im Krankenhaus. 3 Teile. In: Das Krankenhaus. September 1977 ff.

SBi Statens Byggeforskningsinstitut (Dänisches Bauforschungsinstitut):

SBi-anvisning 218, Lydforhold i undervisnings- og daginstitutioner/bygninger, Lydbestemmelser og anbefalinger (Sbi-Leitlinie 218, Schallschutz in Unterrichtsbauten und Kindertagesstätten). Dan Hoffmeyer. 2008.

SBST Social- og Boligstyrelsen (Dänische Behörde für Soziales und Wohnungswesen):

Bygningsreglementet BR 18. Lydforhold (§ 368 – § 376). Vejledning til undervisningsbygninger. 2024. <https://byggningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/17/Krav> (Bauordnung BR 18. Schallschutz (§ 368 – § 376). Leitfaden für Unterrichtsbauten).

Shield, Bridget / Greenland, Emma / Dockrell, Julie:

Noise in open plan classrooms in primary schools: a review. In: Noise and Health, 12(49), 2010, 225. doi:10.4103/1463-1741.70501

Shield, Bridget / Conetta, Robert / Dockrell, Julie / Connolly, Danie l / Cox, Trevor/Mydlarz, Charles:

A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. In: Journal of the Acoustical Society of America 137 (1), 2015, S. 177 – 188. doi:10.1121/1.4904528. Retrieved from <https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.4904528>.

sis Swedish Institute for Standards:

SS 25268:2007+T1:2017. *Acoustics – Sound classification of spaces in buildings – Institutional premises, rooms for education, preschools and leisure-time centres, rooms for office work and hotels*. Swedish Standard. <https://www.sis.se/en/produkter/construction-materials-and-building/protection-of-and-in-buildings/acoustics-in-building-sound-insulation/ss-252682007t12017/>

Van Mil, Imke Wies:

Artificial Lighting Design for Primary Learning Environments: A study on the effect of non-uniform distribution of artificial light on pupil behaviour during class. Royal Danish Academy – Architecture, Design, Conservation, Institute of Architecture and Technology. 2020. https://adk.elsevierpure.com/ws/portalfiles/portal/64834874/_PhDThesis_IVM_KADK_copy.pdf

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.:

VDI 2569:2019-10. *Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros*. Ausgabe 2019-10.

8. IMPRESSUM

Herausgeber

Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, Bonn; Bund Deutscher Architektinnen und Architekten BDA, Berlin; Verband Bildung und Erziehung (VBE), Berlin

Autoren Fachexpertise

Raumakustik: Christoph Böhm, AKUSTIK – INGENIEURBÜRO MOLL GmbH, Berlin

Bauakustik: Charley Franz Walczak und Max Jäger, KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Dresden

Redaktion

Olaf Bahner, Bund Deutscher Architektinnen und Architekten BDA, Berlin; Doris Gruber, Gruber + Popp Architekt:innen BDA, Berlin; Dr. Meike Kricke, Lisa Lemke, Barbara Pampe, Urs Walter (Projektleitung), Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, Bonn; Caroline Eckmann, Bonn; Anne Roewer, Verband Bildung und Erziehung VBE, Berlin

Gestaltung, Satz und Lithografie

labor b designbüro, Dortmund

Grafik

labor b designbüro, Dortmund, nach Vorlagen von Antonia Blauer-Nettekoven, Urs Walter, Mitarbeit Patrick Weiner, Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, Bonn

Druck

ISBN 978-3-00-080784-8

1. Auflage

Bonn, Berlin 2024

Creative Commons



Diese Lizenz erlaubt Ihnen, dieses Werk zu verbreiten, zu bearbeiten, zu verbessern und darauf aufzubauen, auch kommerziell, solange die Urheber des Originals, also die Herausgeber, genannt werden und die auf deren Werk/Inhalt basierenden neuen Werke unter denselben Bedingungen veröffentlicht werden (Creative Commons Lizenzmodell ATTRIBUTION SHARE ALIKE).

Im Schulbau wächst der Bedarf an offenen Raumstrukturen, die unterschiedliche Formen des Lernens ermöglichen. Damit entstehen neue Anforderungen an den Schallschutz und die akustische Qualität der Lernumgebung: Eine differenziert geplante Raumakustik und Bauakustik sind die Voraussetzung dafür, dass pädagogische Konzepte in Clustern und offenen Lernlandschaften funktionieren. Diese Studie vergleicht und bewertet geltende raumakustische und schalltechnische Anforderungen sowie unterschiedliche nationale und internationale Regelwerke. Sie bietet konkrete Empfehlungen für die Planungspraxis von Clustern und Lernlandschaften in Deutschland.

Die Broschüre ergänzt die Reihe anwendungsbezogener Handlungsempfehlungen zum Schulbau. Bisher erschienen: »Leitlinien für leistungsfähige Schulbauten in Deutschland« und »Brandschutz im Schulbau«.

Herausgeber

Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft
Bund Deutscher Architektinnen und Architekten BDA
Verband Bildung und Erziehung (VBE)
1. Auflage

ISBN: 978-3-00-080784-8