

# GESÜNDERE SCHULGEBÄUDE

SECHS WEGE, UNSEREN KINDERN  
BEIM LERNEN ZU HELFEN

**VELUX®**

Commercial

---

Mehr als

64MIO.

Kinder in Europa und

4.5MIO.

Lehrer verbringen  
im Schnitt

200

Tage im Jahr in  
Schulen.

---

Kinder verbringen im Schnitt

70%

ihrer Zeit in  
geschlossenen  
Räumen,

was in der  
Grundschulzeit fast  
einem Jahr  
entspricht,

und viele Studien zeigen, dass  
eine gut durchdachte  
Lernumgebung das Lernen  
sowie die Gesundheit und das  
Wohlbefinden von Kindern  
verbessert und fördert.

---

## EINLEITUNG

64 Millionen europäische Kinder verbringen, abgesehen von ihrem Zuhause, an keinem anderen Ort mehr Zeit als in ihrer Schule. Bei insgesamt ungefähr 200 Schultagen pro Jahr entspricht dies, auf die Dauer der Grundschulzeit gerechnet, fast einem ganzen Jahr, das im Klassenzimmer verbracht wird<sup>1</sup>. Es stellt sich also die drängende Frage: Wie können wir diese Klassenzimmer so gestalten, dass sie eine gesunde Umgebung schaffen und einen positiven Einfluss auf die Lernergebnisse haben?

Hinzu kommt, dass Europa und Großbritannien in den nächsten Jahren einen erneuten Boom beim Bau und der Renovierung von Schulen erleben werden, wie er zuletzt in den 1970er-Jahren vorkam. Hierin liegt für Architekten, Planer und Pädagogen eine großartige Chance, neu zu definieren, was eine Bildungseinrichtung leisten muss und wie die Gestaltung dazu beitragen kann, das Lernen positiv zu unterstützen.

---

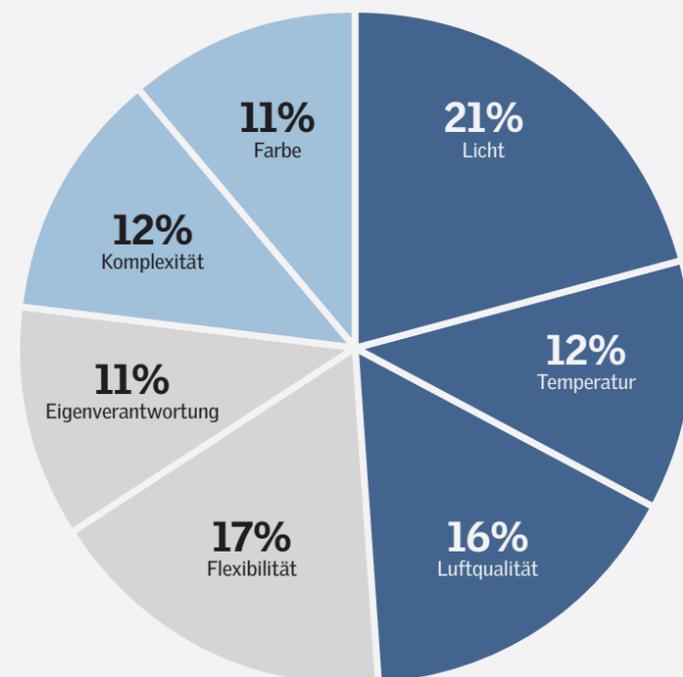
<sup>1</sup> SINPHONIE final report [LINK](#)

Diese Anleitung und die HEAD-Studie, auf der sie größtenteils aufbaut, bewerten die drei primären physischen Eigenschaften bei der Gestaltung von Schulen, die sich besonders stark auf das Lernen auswirken:

- Natürlichkeit: Licht, Temperatur und Luftqualität. Diese Elemente machen bei der Gestaltung von Schulen gemeinsam die Hälfte der Auswirkungen auf das Lernen aus
- Klassenzimmergestaltung\*: Eigenverantwortung und Flexibilität machen ein Viertel der Auswirkungen auf das Lernen aus
- Stimulation: Komplexität und Farbe machen ebenfalls ein Viertel der Auswirkungen auf das Lernen aus

\*In der HEAD-Studie wird die Klassenzimmergestaltung als „Individualisierung“ bezeichnet.

Darüber hinaus haben wir die Akustik untersucht, die in der HEAD-Studie als „sekundärer Faktor“ der Natürlichkeit angesehen wird. Damit ist sie offensichtlich ein wichtiger Faktor für das Lernen, wird aber in ihrer Bedeutung „von den anderen Faktoren übertroffen“.



## NATÜRLICHKEIT

Licht, Temperatur und Luftqualität  
– wirken sich am stärksten auf das Lernen aus

49%

## KLASSENZIMMERGESTALTUNG

Eigenverantwortung und Flexibilität  
prägen fast zu einem Drittel die  
Qualität der Lernumgebung

28%

## STIMULATION

Komplexität und Farbe  
– sind für ein Viertel der  
räumlich bedingten Lerner-  
folge verantwortlich

23%

## Neue wissenschaftliche Forschungsergebnisse

Jüngste Studien von Professor Peter Barrett und seinem Team von Schuldesign-Experten an der University of Salford in Manchester, Großbritannien, belegen nun, dass gut konzipierte Grundschulen die schulischen Leistungen von Kindern in den Bereichen Lesen, Schreiben und Mathematik erheblich steigern können.

Ihre bahnbrechende Studie, das sogenannte „Holistic Evidences and Design (HEAD)-Projekt“<sup>1</sup>, kam zu dem Schluss, dass Unterschiede in den baulichen und räumlichen Eigenschaften von Klassenzimmern für bis zu 16 % der Unterschiede im Lernfortschritt verantwortlich sind. Die Studie wurde über die Dauer von einem Jahr an 3766 Schülern durchgeführt. Die einfache Erkenntnis: Je besser das Klassenzimmer gestaltet ist, desto besser ist die akademische Leistung der Kinder.

## Wichtige Gestaltungselemente

Die in der HEAD-Studie dargestellten Ergebnisse zeigen, dass bestimmte Parameter wesentlich zur Verbesserung des Lernens im Klassenzimmer beitragen. Diese sind:

- Tageslicht
- Luftqualität
- Akustik
- Temperatur

<sup>1</sup> Clever Classrooms – Summary Report of the HEAD Project [LINK](#)

- Gestaltung des Klassenzimmers
- Stimulation

Die Besonderheit der Studie ist, dass diese erstmals eindeutige Belege für das ganzheitliche Zusammenwirken der unterschiedlichen Aspekte der Lernumgebung anhand realer Situationen liefert. Bisherige Studien konnten jeweils nur spezifische Einzelaspekte wie beispielsweise die Luftqualität und/oder isolierte Situationen auswerten. Die Auswertung des Zusammenspiels aller gestalterischen Kriterien gibt nun wissenschaftlich fundierte Entscheidungsmöglichkeiten für die Planung von zukünftigen Bildungsstätten. Drei Jahre lang führten die Forscher des HEAD-Projekts hierfür detaillierte Erhebungen von Leistungsstatistiken der Schüler in 153 Klassenzimmern an 27 sehr unterschiedlichen Schulen durch.

## Die Bedeutung sensorischer Faktoren

Der Erfolg der Studie resultierte aus der Berücksichtigung einer Vielzahl von sensorischen Faktoren und der Verwendung statistischer Multilevel-Modelle, um die Auswirkungen des Klassenzimmerdesigns von anderen Faktoren, wie beispielsweise den Schülern selbst und ihren Lehrern, zu isolieren.

Die Forscher kamen zu folgendem Ergebnis: „Überraschenderweise scheinen gesamtschulische Faktoren (z. B. Größe, Wegebeziehungen, spezielle Einrichtungen, Spielplätze) nicht annähernd so wichtig zu sein, wie die Gestaltung der einzelnen Klassenräume. Die Botschaft ist also, dass jedes Klassenzimmer gut gestaltet sein muss.“

Lesen Sie weiter, um mehr darüber zu erfahren, wie Sie die Ergebnisse der HEAD-Studie bei Ihren nächsten Bildungseinrichtungsprojekten praktisch einsetzen können.

Weiterhin macht es natürlich auch Sinn, die Ergebnisse zur Gestaltung optimaler Lernumgebungen auch auf andere Gebäude und Nutzungen zu übertragen, die eine hohe Konzentration und effiziente Tätigkeit erfordern – wie beispielsweise Bürogebäude und Arbeitsstätten.

## INHALT

Tageslicht	5
Projekt: Sågbäcksgymnasiet	10
Raumluftqualität	14
Projekt: Ryparken Lille Skole	16
Akustische Umgebungen	19
Temperatur	21
Projekt: Hessenwaldschule	24
Klassenzimmergestaltung	27
Anregende Klassenzimmer	30



TAGESLICHT



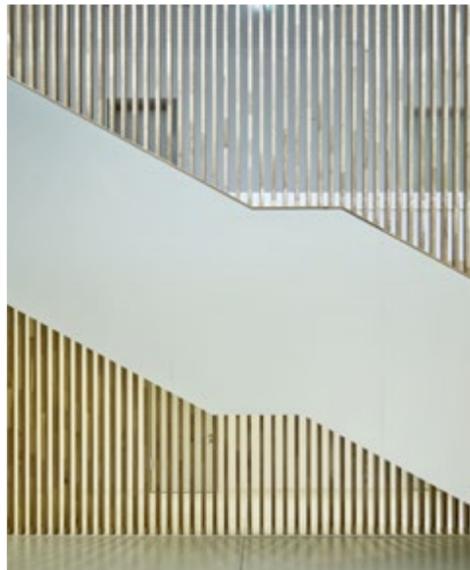
PROJEKT: SÅGBÄCKSGYMNASIET



RAUMLUFTQUALITÄT



PROJEKT: RYPARKEN LILLE SKOLE



AKUSTISCHE UMGEBUNGEN



TEMPERATUR



PROJEKT: HESSENWALDSCHULE



KLASSENZIMMERGESTALTUNG



ANREGENDE KLASSENZIMMER



## 1 TAGESLICHT

Wir wissen alle, dass das beste Mittel gegen den „Winterblues“ ein kurzer Urlaub in einem wärmeren und sonnigeren Klima ist, vorzugsweise mit einem weißen Sandstrand und einem klaren blauen Himmel.

Die belebende Wirkung von Tageslicht und Wärme spüren wir auch im kleineren Maßstab und in verschiedensten Umgebungen, zu Hause oder im Büro, in öffentlichen Gebäuden oder Schulen und Universitäten. Es überrascht daher nicht, dass eine jüngst durchgeführte Studie<sup>1</sup> zur Auswirkung der physischen Gestaltung von Schulgebäuden auf die Leistungsfähigkeit der Schüler ergeben hat, dass die Beleuchtung ein wichtiger Einzelparameter ist.

<sup>1</sup> Impact of Lighting on School Performance in European Classrooms (2016)  
C. Maesano and I. Annesi-Maesano,  
CLIMA 2016, 12th REHVA World Congress 2016, Aalborg [LINK](#)

# MEHR TAGESLICHT FÜR BESSERES LERNEN

Schüler in Klassenzimmern mit viel Tageslicht waren schneller:

20%

bei Rechentests

26%

bei Lesetests

Schüler in einem Klassenzimmer mit einer gut gestalteten Tageslichtlösung durch das Dach:

19–20%

lernten schneller als diejenigen in einem Raum ohne Oberlicht

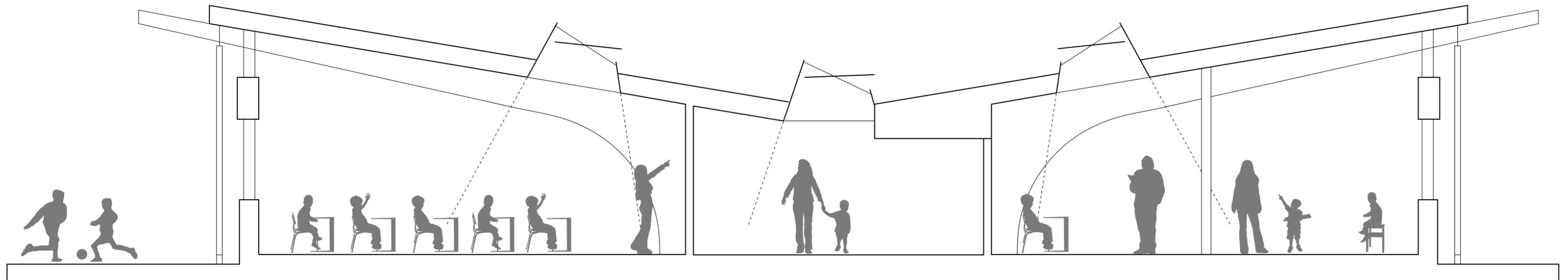
Schüler in Klassenzimmern mit zu öffnenden Fenstern:

7–8%

lernten schneller als diejenigen in Klassenzimmern mit feststehenden Fenstern.

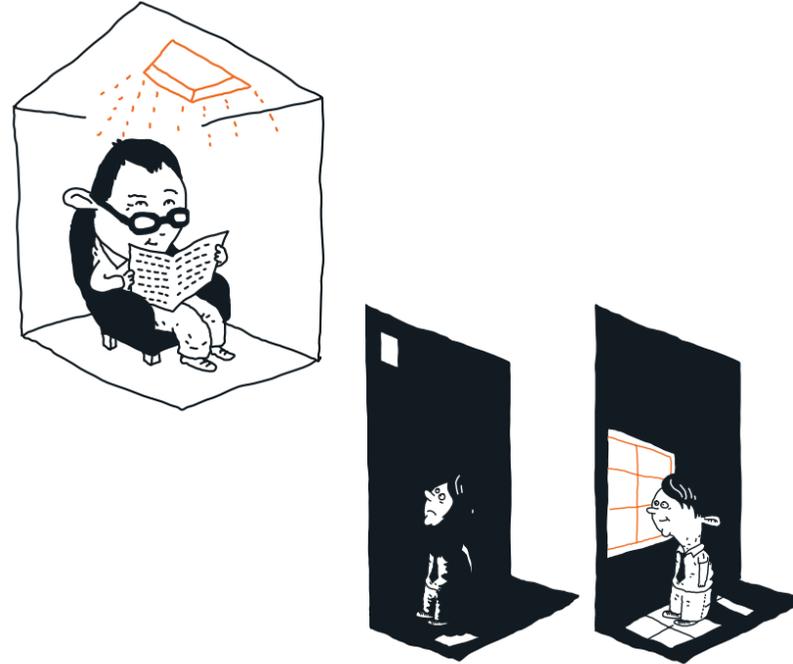
1999 von George Loisos für The California Board for Energy Efficiency Program. Eingereicht von HESCHONG MAHONE GROUP

Testergebnisse für über 21.000 Studenten in 2000 Klassenzimmern aus Bezirken im Orange County, California, Seattle, Washington und Fort Collins, Colorado



## Vier Lösungen zur Verbesserung der Tageslichtbedingungen in Klassenzimmern

1. Stellen Sie bei der Gestaltung von Schulen und Klassenzimmern sicher, dass im Jahresverlauf die wichtigste Lichtquelle während der meisten Stunden des Tages das Tageslicht ist.
2. Nutzen Sie Sonnenschutzsysteme, die eine hohe Tageslichtqualität und auch den Blick nach draußen gewährleisten.
3. Konzentrieren Sie sich auf die in Schulen meistgenutzten Bereiche. Investieren Sie in Tageslichtlösungen, wo sich Schüler aufhalten, und planen Sie bei Bedarf leicht dunklere Bereiche innerhalb dieses Raums mit ein.
4. Integrieren Sie erfolgreiche architektonische Tageslichtlösungen in die Gesamtgestaltung der Schule, die die Vorteile von sowohl Fassaden- als auch Dachfenstern miteinander verbinden.



## Warum Tageslicht?

Mehrere bahnbrechende Untersuchungen haben jetzt gezeigt, dass Tageslicht nicht nur gut für die allgemeine Gesundheit und das Wohlbefinden von Kindern ist, sondern auch ihre schulische Leistung signifikant verbessern kann.

Eine dieser Untersuchungen<sup>1</sup> wurde an der Pariser Sorbonne auf der Grundlage von Daten der SINPHONIE Study durchgeführt, an der 2.387 Kinder aus 13 europäischen Ländern teilgenommen hatten. Die Untersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass die schulische Leistung um bis zu 15 % gesteigert werden kann, wenn die Schüler in Klassenzimmern mit größeren Fenstern arbeiten, was sowohl auf eine größere Menge an Tageslicht als auch eine bessere Sicht nach draußen zurückzuführen ist.

Die an der Universität Salford in Manchester durchgeführte Studie „Clever Classrooms“<sup>2</sup> zeigte, dass gute Tageslichtverhältnisse dazu beitragen, ein Gefühl des physischen und psychischen Wohlbefindens zu schaffen. Der Nutzen guter Lichtverhältnisse scheint also weit mehr als nur eine Sehhilfe zu sein.

## Mit Tageslicht gestalten

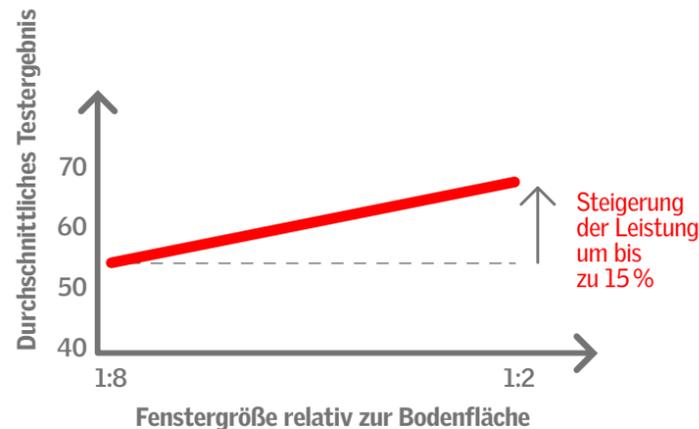
Wo immer möglich, sollte es unser Ziel sein, Tageslicht zur wichtigsten Lichtquelle in Schulen zu machen, auch wenn es durch ausreichend hochwertiges Kunstlicht ergänzt werden muss, sollte die Beleuchtungsstärke zu gering sein. Gut kontrolliert ist Sonnenlicht generell als Lichtquelle in Gebäuden in ganz Europa vorzuziehen.

Wenn Fenster oder Tageslichtsysteme nach Norden ausgerichtet sind, ist das in einen Raum einstrahlende Tageslicht weicher und diffuser, wobei es im Laufe des Tages zu subtilen Veränderungen der Beleuchtungsstärke und der Farbtextur kommt. Bei anderen Ausrichtungen erhöht das Sonnenlicht die allgemeine Helligkeit im Inneren, wobei spezifische Bereiche konzentriert belichtet werden.

Die Herausforderung bei der Gestaltung mit Tageslicht zeigt sich besonders bei Klassenzimmern mit hoher Raumtiefe, in denen das Licht vom Fenster bis in den hinteren Teil des Raums eine beträchtliche Strecke zurücklegen muss. Hier treten häufig unterschiedliche Beleuchtungsstärken auf – sehr hell nahe den Fenstern und dunkler weiter hinten im Raum. In Situationen, in denen die Form oder Größe des Klassenzimmers keine ausreichende Beleuchtungsstärke im gesamten Raum erlaubt bzw. die Fensterfläche begrenzt ist, sind Dachverglasungen häufig die beste Lösung. Falls aufgrund über dem Raum liegender Geschosse oder Dachaufbauten kein direkter Zugang zum Himmel möglich ist, können Lichtschächte eine effektive Alternative sein.

Die Schaffung von Tageslichtöffnungen hat unter anderem auch den Vorteil, dass sie zusätzlich eine Verbindung zum Freien herstellen und es ermöglichen, Veränderungen des Wetters, der Tages- und Jahreszeit zu erleben.

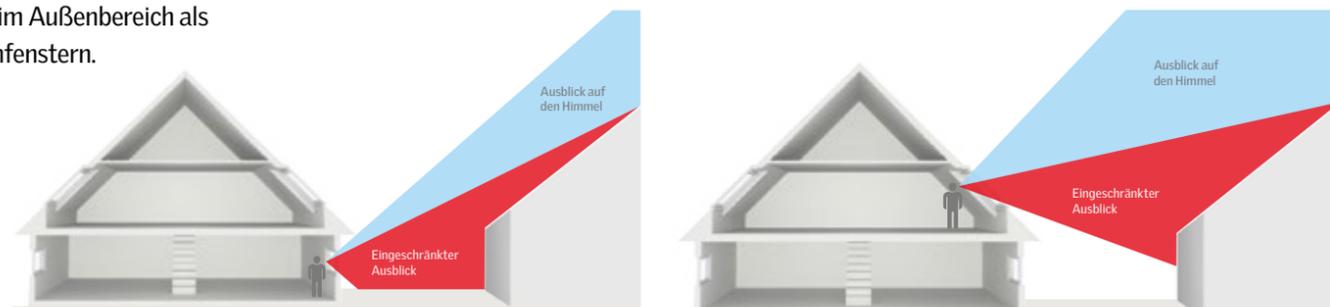
Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die eine Rolle spielen, wenn man berücksichtigen möchte, wie viel Tageslicht durch Fenster oder Dachverglasungen generiert werden soll. Dazu zählen der Lichttransmissionsgrad der Verglasung, die Wandstärke, Hindernisse im Außenbereich, überhängende (z.B. Balkon) und seitliche Anbauten (z. B. Gebäudeanbauten), die Raumtiefe usw.. Berücksichtigt man bei der Berechnung alle diese Faktoren, lässt sich mit einer Tageslichtlösung im Dach üblicherweise mehr als der doppelte Tageslichteintrag gewinnen als mit einem Fassadenfenster in der gleichen Größe.



## Mehr Tageslicht verbessert das Lernen

Schüler, die in Klassenzimmern mit größeren Fenstern arbeiteten, schnitten in Mathematik- und Logiktests um bis zu 15% besser ab, als Schüler in Klassenzimmern mit kleinen Fenstern.

Bei Dachfenstern und Oberlichtern gibt es in der Regel weniger Hindernisse im Außenbereich als bei Fassadenfenstern.



- 1 Impact of Lighting on School Performance in European Classrooms (2016) C. Maesano and I. Annesi-Maesano, CLIMA 2016, 12th REHVA World Congress 2016, Aalborg [LINK](#)
- 2 Clever Classrooms (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester [LINK](#)

## Baunormen und Beleuchtungsstärken

Die Tageslichtmenge in einem Innenraum hängt in großem Maße von der Verfügbarkeit und den Eigenschaften des Tageslichts am Gebäudestandort ab (z. B. den vorherrschenden klimatischen Bedingungen). Der europäische Norm-Entwurf „Tageslicht in Gebäuden“ (prEN 17037) schlägt eine Änderung der Grundlage für die Tageslichtbewertung anhand von „Tageslichtquotient-Zielvorgaben“ auf Basis von Beleuchtungsstärken im Außenbereich mittels aufgezeichneter Klimadaten vor. Die „Klima-Konnektivität“ des Entwurfs gibt an, dass ein Raum eine bestimmte Tageslicht-Zielvorgabe in Prozent, gemessen auf Arbeitshöhe und in Bezug gesetzt zur Grundfläche für die Hälfte der Tageslichtstunden pro Jahr erreichen sollte. Die Zielvorgabe in Bezug auf das Tageslicht-

niveau basiert auf dem Vorhandensein einer Beleuchtungsstärke in Innenräumen von mindestens 300 Lux, was den Anforderungen für die Beleuchtung an Arbeitsstätten entspricht. Das angestrebte Tageslichtniveau muss für 50% der relevanten Grundfläche in einem Raum über Fassadenfenster oder Öffnungen im geneigten Dach erreicht werden. Zusätzlich ist ein Mindesttageslichtniveau, basierend auf der Schaffung einer inneren Lichtintensität von mehr oder gleich 100 Lux über 95% der Nutzfläche erforderlich. Ein Raum, der nur durch Dachfenster in einer nahezu horizontalen Dachkonstruktion belichtet wird, muss das angestrebte Tageslichtniveau über 95% der relevanten Grundfläche erreichen. Die entsprechenden Ziel-Tageslicht-Faktoren sind in der Norm für jede europäische Haupt-

stadt aufgeführt. Aufgrund der natürlichen Abnahme der Tageslichtverfügbarkeit sind die Werte für Länder in Nordeuropa höher als in Südeuropa.

Das absolute Lichtniveau, das für eine bestimmte visuelle Aufgabe erforderlich ist, hängt von der Art der Aufgabe und der optischen Umgebung ab, in der diese Aufgabe ausgeführt wird. Die europäische Norm EN 12464-1: Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen, enthält Informationen zur Beleuchtungsstärke in Innenräumen, die auf ein schulisches Umfeld anwendbar sind. Allgemein werden folgende Beleuchtungsstärken in Innenräumen empfohlen:

Mindestwert Beleuchtungs- stärke lx	Sehaufgaben	Arbeitsplätze, Arbeitsräume und Tätigkeiten
---	-------------	---

100	Grob	Verkehrsflächen, Korridore
300	Fein	Klassenzimmer (Mindest-Lux-Wert für alle Klassenzimmerbereiche), Übungszimmer, Computer-Praxisräume
500	Mittelfein	Auditorien, Hörsäle, Praxisräume und Laboratorien, Büchereien (Lesebereiche), Tafel/Whiteboard in Klassenzimmer

\*den Raum gelangen, in einem Klassenzimmer das Optimum darstellen, müssen diese kontrolliert werden, um eine übermäßige Blendwirkung durch direkte Sonneneinstrahlung zu vermeiden. Dieses Problem wird umso akuter, je mehr interaktive Whiteboards und Computerprojektoren in Klassenzimmern zum Einsatz kommen.

Ein wichtiger Aspekt, den es zu berücksichtigen gilt, um Blendwirkung und Kontrastverhältnis zu kontrollieren, ist die Ausrichtung der Fenster. Größere Fensterflächen sind idealerweise nach Norden ausgerichtet, um Tageslicht während des Tages/Jahres möglichst gleichmäßig und diffus eindringen zu lassen.

Eine weitere wirksame Lösung ist die Installation einfach zu bedienender opaker Sonnenschutz-Rollos für die effektive Steuerung des Tageslichtniveaus. Eine Alternative zu Jalousien ist ein fester außenliegender Sonnenschutz, was im Einzelfall aber, je nach Umständen und Anforderungen, immer noch das Anbringen zusätzlicher innenliegender Sonnenschutzsysteme erfordert. Hierfür können andere Produkte wie Vorhänge, Sonnenschutz-Rollos usw. aus Stoff, Folie oder perforiertem undurchsichtigem Material verwendet werden. Alle diese Maßnahmen verringern das Auftreten von Blendung in unterschiedlichem Maße, abhängig von den optischen Eigenschaften des Materials, der Ausrichtung der Fenster, dem geografischen Standort und der jährlichen Sonnenscheindauer, der Fläche und dem Lichttransmissionsgrad der Verglasung sowie dem Abstand einer Person zur

Lichtquelle. Die Materialeigenschaften und der Grad des Blendschutzes für diese Arten von Sonnenschutzprodukten sind in der europäischen Norm EN 14501, Sonnenschutz-Rollos und Jalousien, und im europäischen Normentwurf prEN 17037, Tageslicht in Gebäuden, festgelegt.

Nicht weniger wichtig ist der Kontrast. Bei der Berücksichtigung von Blendung und Kontrast kommt es entscheidend auf den Unterschied zwischen absoluter und relativer Helligkeit an. Man bedenke nur, wie stark das Fernlicht eines Autos bei Nacht blenden kann, während man es am Tag kaum wahrnimmt. In ähnlicher Weise verursacht eine starke Lichtquelle in einem hell erleuchteten Raum deutlich weniger Blendwirkung und Kontrast als beispielsweise ein einzelnes großes Fenster mit direkter Sonneneinstrahlung in einem ansonsten nur schwach erleuchteten Raum. Als Empfehlung gilt im Sichtfeld ein Leuchtdichteverhältnis von 1:10 für Sehaufgabe und direkte Umgebung. Mit dem Leuchtdichteverhältnis wird der Bezug der Leuchtdichte im zentralen Sichtfeld und der Umgebungssicht in den angrenzenden Zonen beschrieben<sup>3</sup>.

### Fenster im Vergleich zu Glasdach-Lösungen

Eine gute Tageslichtverteilung im Raum ergibt sich häufig am besten durch die Nutzung mehrerer Tageslichtquellen, z. B. die kombinierte Nutzung von Tageslichtsystemen durch das Dach und Fenstern in der

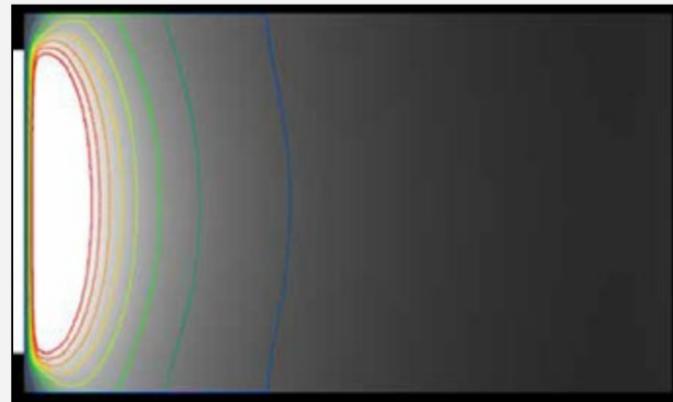
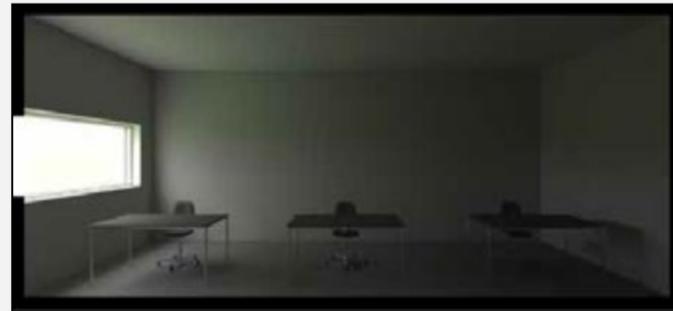
Fassade, wodurch sich auch die Aspekte Blendwirkung und Kontrast verringern lassen. Allerdings sollte man dabei die Bedeutung der Aussicht nach draußen nicht vergessen: „Wenn wir neben einem Fenster sitzen, tolerieren wir eher eine hohe Tageslichtmenge und genießen den Blick nach draußen, anstatt die Sonnenschutz-Rollos herunterzufahren und Kunstlicht einzuschalten.“<sup>4</sup>

In Bereichen, in denen selbst große Fensterflächen nicht genügend Tageslicht in den Raum lassen oder eine Montage ganz einfach nicht möglich ist, z. B. große Klassenzimmer, Hörsäle oder innenliegende Gemeinschaftsbereiche in einem Gebäude, stellen Lichtdach-Lösungen eine sehr gute Option dar. Bedienbare Lichtdach-Module, die strategisch in die Gesamtgestaltung eines Gebäudes eingebunden sind, ermöglichen ausreichend Tageslichteinfall in den dunklen Wintermonaten und sorgen das ganze Jahr über für Frischluftzufuhr. Damit verbessern sie auch die Raumluftqualität und tragen zur Temperaturregelung bei.

<sup>4</sup> "Design Innovations for Contemporary Interiors and Civic Art", Luciano Crespi, 2016

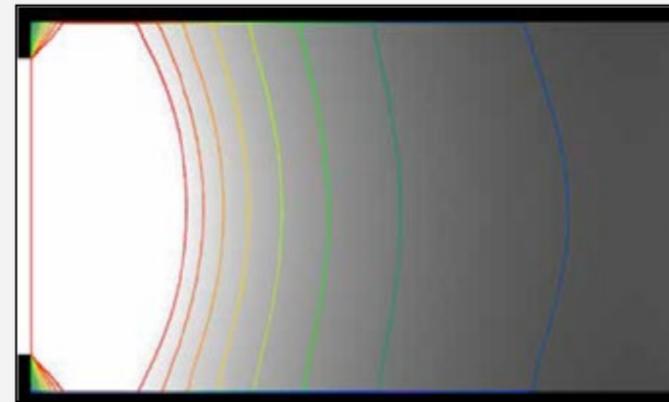
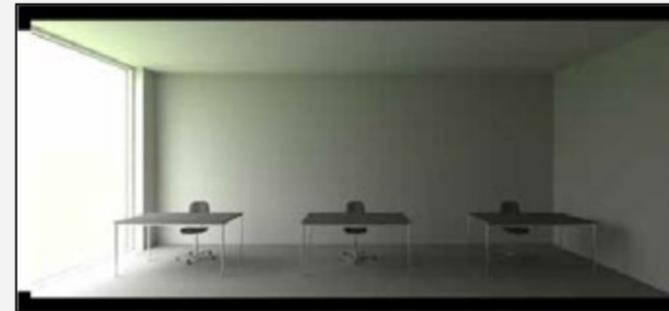
<sup>3</sup> CLEAR Luminance Ratios, [LINK](#)

## Mit Tageslicht gestalten



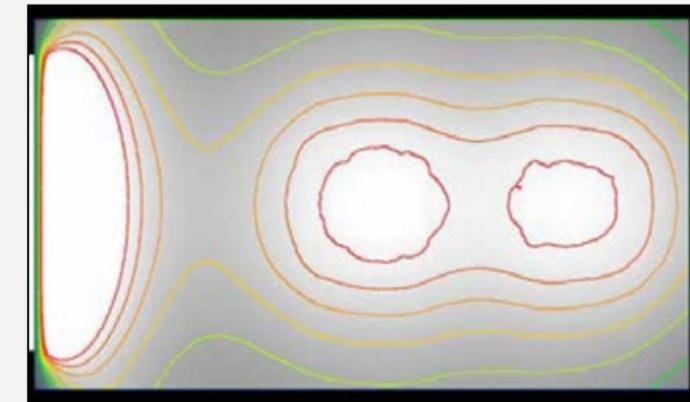
Kleines Fassadenfenster  
(Verhältnis Verglasung  
zu Bodenfläche 10%)

- Tageslichtquotient 2%, wenige Meter von der Fassade entfernt
- Niedriges Tageslichtniveau am Ende des Raums
- Nur Arbeitsplätze nahe am Fenster sind Tageslichtarbeitsplätze



Großes Fassadenfenster (Verhältnis  
Verglasung zu Bodenfläche 30%)

- Tageslichtquotient 2%, ca. 4,5 m von der Fassade entfernt
- Tageslichtniveau sehr hoch in Fensternähe und niedrig im Rückraum
- Die ersten beiden Arbeitsplätze sind Tageslichtarbeitsplätze



Kleines Fassadenfenster + Oberlichter  
(Verhältnis Verglasung zu Bodenfläche 20 %  
– Fassadenfenster 11 % + Oberlichter 9%)

- Eine Kombination aus Fassadenfenster und Oberlicht sorgt für ein hohes und nützliches Tageslichtniveau über den gesamten Arbeitsbereich hinweg
- Oberlichter gewährleisten eine höhere Tageslichtmenge und visuellen Komfort
- Alle drei Arbeitsplätze sind Tageslichtarbeitsplätze



## PROJEKTARTIKEL 1

### SÅGBÄCKS- GYMNASIET

Mit viel Tageslicht einer Schule neuen  
Charakter verleihen

Nach mehr als 10 Jahren fanden 2012 die Gespräche der örtlichen Behörden ihren Abschluss: mit einem Plan zur Sanierung der alten Berufsschule im schwedischen Huddinge. Die Schule wurde 1961 im baujahrestypischen Stil errichtet und hatte eine gute Bausubstanz. Fünfzig Jahre Abnutzung hatten jedoch ihre Spuren hinterlassen. Nachdem die Sanierungspläne abgesegnet waren, wurden mehr als 100 alte Oberlichter ausgetauscht.



Die gesamte Länge ist sichtbar über die Klassenraumteiler hinweg. Tageslicht wird in die Klassenzimmer von oben geleitet.

### Sheddach-Lichtbänder: für den kultigen Industrie-Stil wie geschaffen

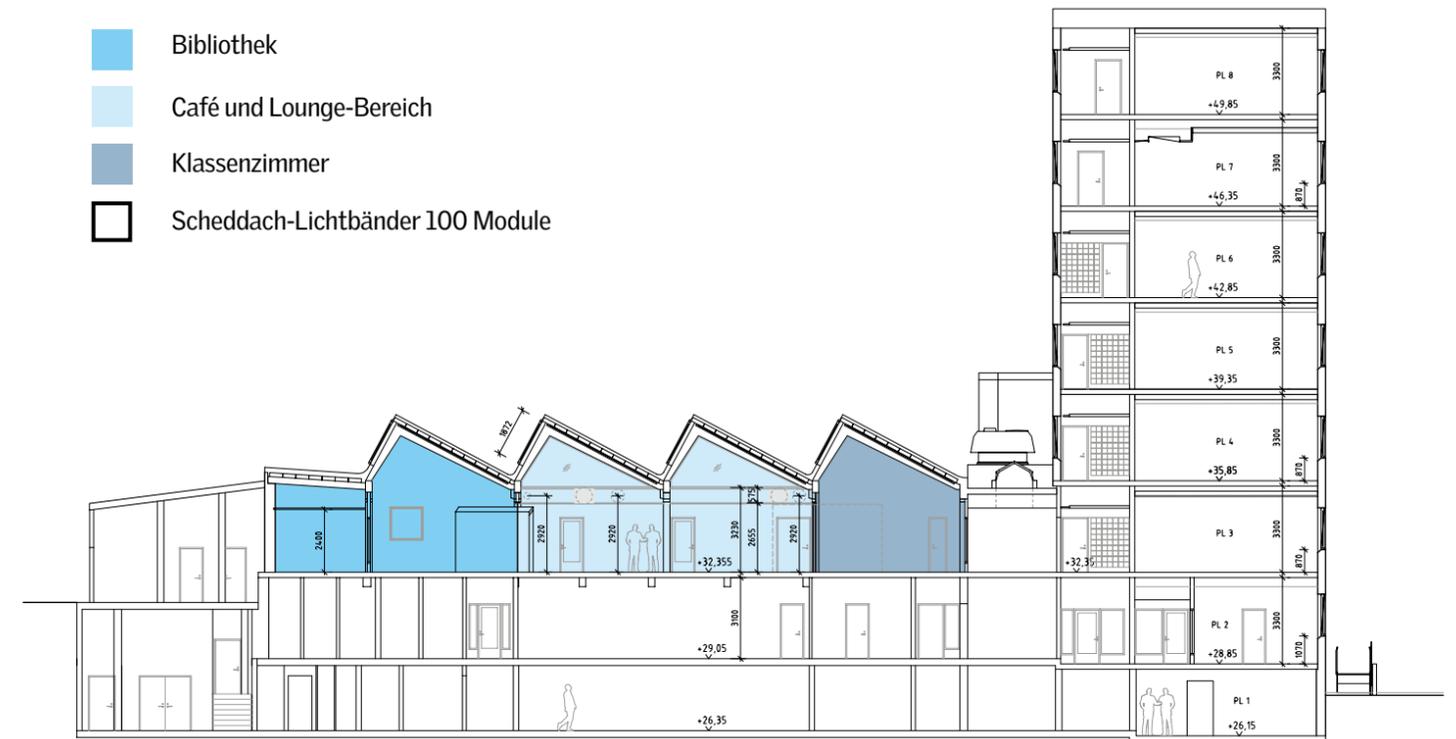
Ein charakteristisches Merkmal des Sägbäcksgymnasiet ist sein Sägezahndach. Der Klassiker des Industriezeitalters rückte schnell in den Fokus der Projektleiter des federführenden Architekturbüros Origo Arkitekter. Åsa Machado erklärt: „Das Sheddach

mit seinem Potenzial für Lichtband-Module war Dreh- und Angelpunkt unserer Pläne; das haben wir schon früh erkannt. Wir haben uns entschieden, der gesamten Schule Zugang zu ihrer, nach unserem Empfinden, besten Seite zu geben.“

Das Sägezahndach bietet Platz für vier Reihen nach Norden ausgerichteter VELUX Modular Skylights,

die den Raum wirkungsvoll erhellen. Während die einstigen Oberlichter mit ihrem mattierten Glas das Licht eher abschwächten und von Energieeffizienz nicht viel zu bemerken war, sind die neuen Tageslicht-Module in puncto Tageslicht, Lüftung und Energiesteuerung ein Gewinn für die neue Aula.

- Bibliothek
- Café und Lounge-Bereich
- Klassenzimmer
- Sheddach-Lichtbänder 100 Module



SEKTION C-C  
HUS A OCH C



### **Wer eine Berufsschule leitet, muss in seine Schüler investieren**

Rektor Hans Almgren beschreibt die Schule als „solides Gebäude im Stil der klassischen Moderne“, und er sei froh, dass Ästhetik und Atmosphäre des Originalbaus dank des Sanierungsplans beibehalten wurden: „Es ist gelungen, etwas zu bewahren, was zur Seele der Schule gehört – nämlich das Flair der 1960er-Jahre“, sagt er.

Besonders freut sich der Rektor über die Wirkung des neuen architektonischen Mittelpunktes mit dem Sheddach, das die ursprüngliche Schönheit des Gebäudes neu definiert und das Potenzial des Daches voll ausschöpft.

„Das Lichtdach-System war der eigentliche Schlüssel zur positiven Veränderung. Die Architekten waren stets bestrebt, das Gebäude zu öffnen, Licht hereinzulassen und visuelle Tiefe zu schaffen. Wir haben keine toten Winkel und keine dunklen Ecken.“

Hans Almgren ist sich bewusst, wie wichtig es ist, eine inspirierende und gleichzeitig würdevolle Lernumgebung zu schaffen. Eine Berufsschule sei stets in Gefahr, als zweite Wahl angesehen zu werden, räumt er ein, und deshalb sei das Umfeld so wichtig.

„Vermutlich stimmt es schon, dass die Ausbildung an der Berufsschule kein sehr hohes Ansehen genießt, aber

wir wollen in unserem Bereich die Besten sein. Unsere Schüler sind wichtig und wir möchten, dass sie ein freundliches und wohltuendes Umfeld erwartet. Das fördert ihr Selbstvertrauen und ihre Lernbereitschaft.“

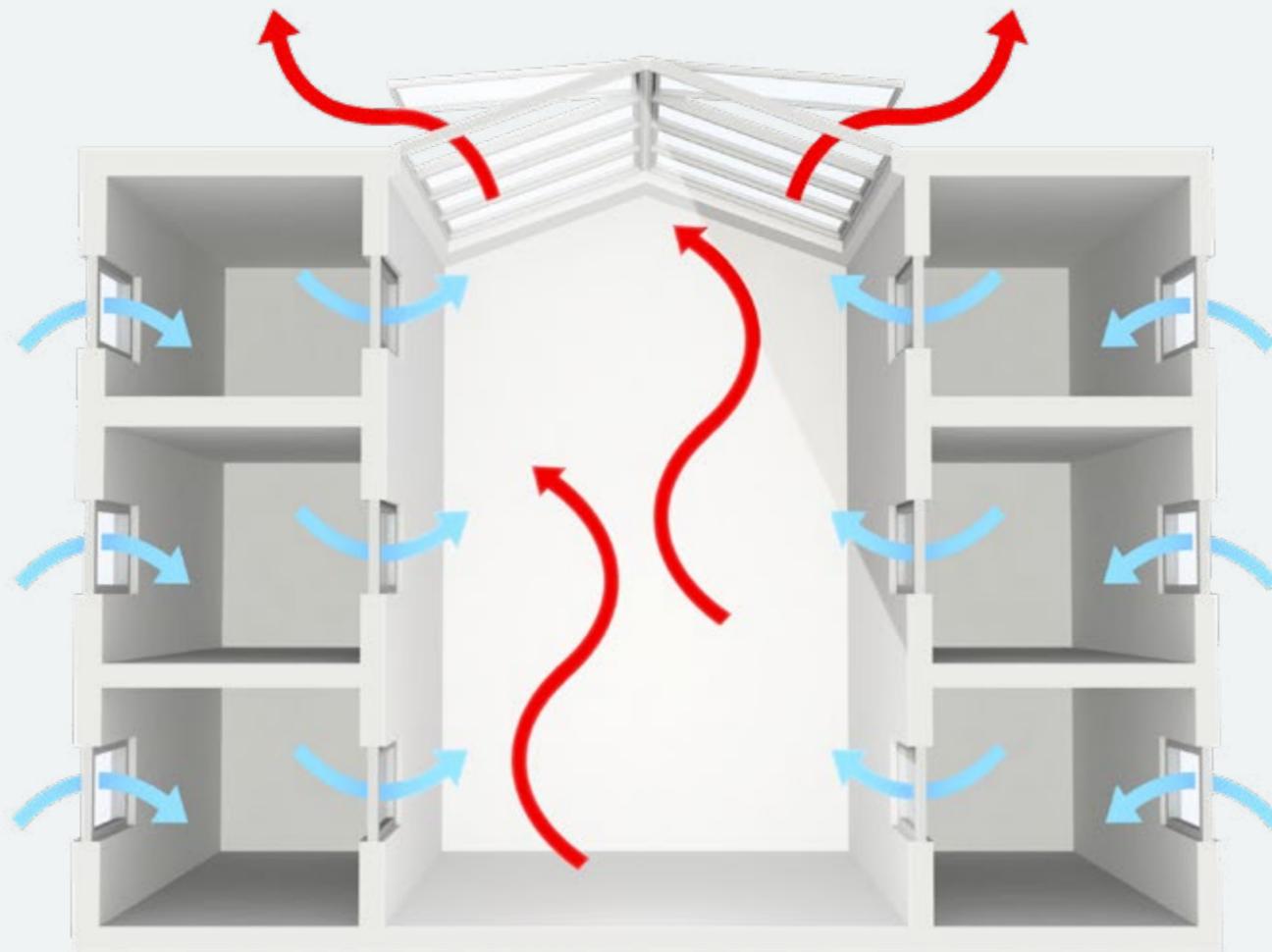
### **Aktivität nimmt in einer hellen und geräumigen Umgebung zu**

Im Inneren des Gebäudes ist die Veränderung ganz erheblich. Während das alte braune Drahtglas der einstigen Oberlichter bestenfalls Schummerlicht in die Räume brachte, ist nun eine lichtdurchflutete, völlig veränderte Weite entstanden, die spürbar Leben in die Lernaktivität der Schüler gebracht hat.



## Belüftung

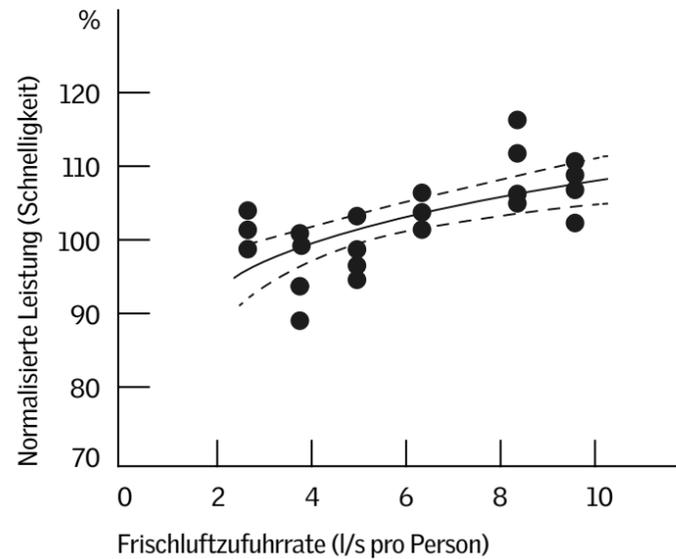
In Schulen kann die Belüftung mechanisch durch Lüfter/Ventilatoren und/oder durch natürlichen Luftstrom über offene Fenster und Türen erfolgen.



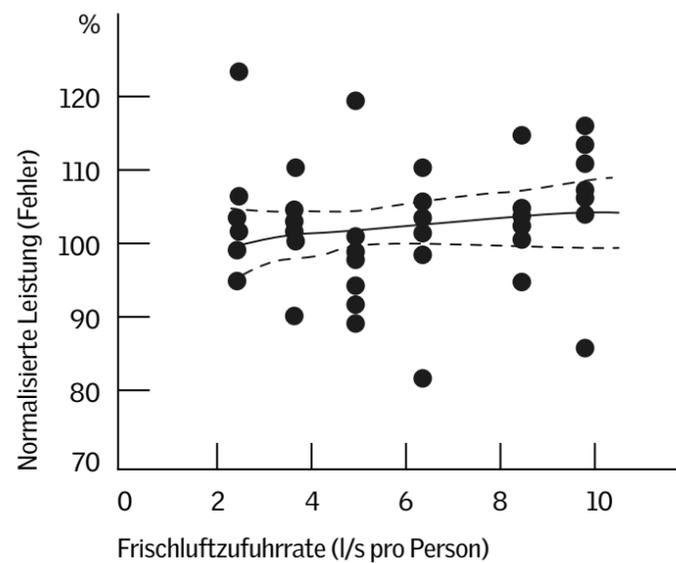
## 2 RAUMLUFT-QUALITÄT

Schlechte Raumluftqualität kann nicht nur zu einer drastischen Beeinträchtigung der Konzentration und der allgemeinen Leistungsfähigkeit der Schüler führen, sondern auch die krankheitsbedingten Fehlzeiten ansteigen lassen. Eine ausreichende Belüftung ist also für eine gesunde Klassenzimmergestaltung unbedingt erforderlich, in der Schüler gute Leistungen erreichen können.

## Schnelligkeit



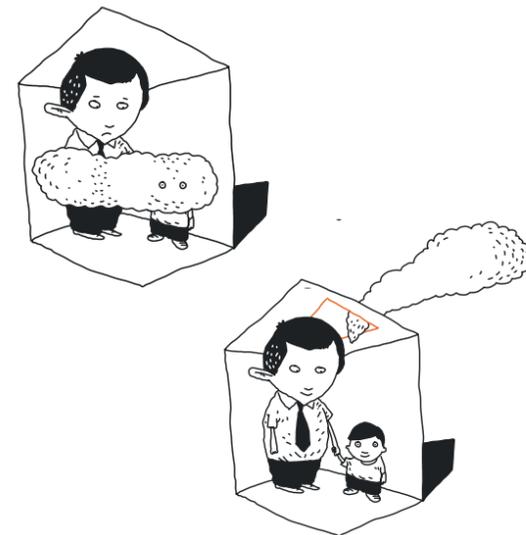
## Genauigkeit



Leistung der Schüler in Abhängigkeit von der Belüftungsrate auf Grundlage einer Untersuchung in Dänemark. Die Leistung basiert auf der Schnelligkeit und Genauigkeit (Abbildungen oben) bei der Bearbeitung verschiedener schulischer Aufgaben. Die verschiedenen Datenpunkte zeigen die Ergebnisse mehrerer Experimente und unterschiedlicher Arten von Arbeitsaufgaben.

## Vier Lösungen zur Verbesserung der Raumluftqualität in Klassenzimmern

1. Öffnen Sie während des Unterrichts die Fenster, um zu lüften. Die meisten Schulen in Europa sind für natürliche Belüftung ausgelegt.
2. Innovative Lösungen in diesem Bereich wie die bedarfsgesteuerte natürliche Belüftung können die CO<sub>2</sub>-Konzentration im empfohlenen Rahmen halten.
3. Mechanische Belüftungssysteme können in der kälteren Jahreszeit eine optimale Luftqualität ohne Einschränkung der thermischen Behaglichkeit gewährleisten.
4. Hybridsysteme können die Vorteile beider Belüftungsarten miteinander verbinden.



- 1 Why Indoor Air Quality is Important to Schools (EPA) [LINK](#)
- 2 Bako-Biro et al: Evaluation of indoor environmental quality conditions in elementary schools classrooms in the United Arab Emirates, 2012
- 3 Clever Classrooms, Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester (2015)
- 4 CEN (2007) EN 15251: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings.

## Bedeutung der Raumluftqualität

Nach Angaben der US-amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA (Environmental Protection Agency) leidet fast jedes 13. Schulkind in den USA an Asthma, der Hauptursache für durch chronische Erkrankungen bedingte Fehlzeiten in der Schule<sup>1</sup>. Ferner wird davon ausgegangen, dass die sich entwickelnden Körper von Kindern weit empfindlicher auf schädliche Umwelteinflüsse reagieren als die von Erwachsenen. Im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht nehmen Kinder mehr Luft, Nahrungsmittel und Flüssigkeit auf als Erwachsene. Allein aus diesem Grund ist die Luftqualität in Schulen besonders relevant. Ebenfalls von der EPA durchgeführte Studien zur Belastung des Menschen durch Luftschadstoffe deuten darauf hin, dass die in Innenräumen erreichten Schadstoffkonzentrationen zwei- bis fünfmal – manchmal sogar bis zu 100-mal – höher liegen können als in Außenbereichen.

Eine unzureichende Lüftung führt zu einem Anstieg der Luftschadstoffe. Dies ist besonders in Klassenzimmern problematisch, da die pro Kind verfügbare Luftmenge aufgrund der hohen Raumbelegungsdichte geringer ausfällt. Eine signifikante Anzahl von Forschungsarbeiten liefert stichhaltige Belege dafür, dass die Schülerleistungen besser werden, wenn das Klassenzimmer häufiger gelüftet wird. Bei einer Steigerung der Lüftungshäufigkeit werden hier in der Regel Leistungsverbesserungen im Bereich von ein paar Prozent bis hin zu stolzen 15% berichtet<sup>2</sup>.

Im Rahmen einer Studie<sup>3</sup> wurden

Maßnahmen zur Optimierung der Lüftungshäufigkeit in 16 Klassenzimmern ergriffen. Die Ergebnisse der Studie, bei der über 200 Schüler computergestützte Aufgaben bearbeiten mussten, zeigen, dass die Schüler Aufgaben zur Prüfung von Auswahl-Reaktionszeiten und Farbe-Wort-Interferenzen, zum Merken von Bildern oder Erkennen von Wörtern signifikant schneller und richtiger beantworten konnten, wenn das Klassenzimmer häufiger gelüftet wurde. Laut den Ergebnissen der Studie hängt eine gute Lüftung in Klassenzimmern von folgenden Voraussetzungen ab:

### 1. Kontrollierte Lüftung

Fenster und Oberlichter mit großen Öffnungsgrößen, idealerweise mit mehreren Öffnungen, ermöglichen es den Nutzern, das Klassenzimmer effektiv und je nach Bedarf zu belüften. Oben öffnende Fenster und Dachöffnungen, die sich hoch im Raum befinden, lassen heiße und abgestandene Luft effizient entweichen. Diese sollten gut zugänglich oder durch mechanische Bedienung leicht zu öffnen sein. Wenn Rollläden den Luftstrom blockieren, sollten diese nicht an den zu öffnenden Fenstern und Dachöffnungen angebracht werden.

### 2. Raumvolumen

Je größer das Klassenzimmer ist, desto niedriger sind die Kohlendioxid- und Schadstoffkonzentrationen und desto länger bleibt die Luftqualität gut. In einem durchschnittlich großen Klassenzimmer mit einem Raumvolumen von 181 Kubik-

metern, das mit 30 Schülern belegt ist und nicht gelüftet wird, sinkt die Luftqualität innerhalb von gerade einmal 30 Minuten auf ein schlechtes Niveau ab.

### 3. Mechanische Lüftung

In Räumen, in denen eine natürliche Lüftung unzureichend oder problematisch ist, lässt sich mithilfe einer mechanischen Lüftung eine Verbesserung erreichen.

### 4. CO<sub>2</sub>-Sensoren

Werden CO<sub>2</sub>-Sensoren in Klassenzimmern installiert, können die Lehrer die Raumluftqualität überwachen und die Lüftungsintensität entsprechend anpassen. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration wird oft als Indikator für die allgemeine Luftqualität in Innenräumen gesehen. Die Außenluft enthält eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von ungefähr 400 ppm. Ein Innenraum-CO<sub>2</sub>-Gehalt von 1150 ppm stellt eine angemessene Luftqualität dar, 1400 ppm gewährleisten in den meisten Situationen eine noch ausreichende Luftqualität und 1600 ppm weisen auf eine schlechte Luftqualität hin (CEN, 2007)<sup>4</sup>. Für ein gutes Raumklima zu sorgen, sollte im Zentrum eines jeden Modernisierungsprojekts und Neubaus für Schulen stehen, damit insgesamt bessere Einrichtungen verfügbar sind, die das Lernen und die Entwicklung der Schüler sowie die Arbeit der Lehrer effektiv unterstützen. Eine gute Lüftung ist absolut unverzichtbar, da nur so eine gute Raumluftqualität aufrechtzuerhalten und die Konzentrationen an Schadstoffen auf ein akzeptables Niveau einzudämmen sind.



## PROJEKTARTIKEL 2

### RYPARKEN LILLE SKOLE

Von der Textilfabrik zur  
Unterrichtsstätte

Die Ryparken Lille Skole (wörtlich übersetzt: Kleine Schule Ryparken) befindet sich in einer jahrhundertealten, ehemaligen Textilfabrik in Kopenhagen. Jahrelang mussten Lehrende wie Lernende die marode Bausubstanz erdulden, bis schließlich Anfang 2010 die Schulleitung beschloss, ein umfangreiches Renovierungsprojekt in die Wege zu leiten. Dazu gehörte auch der Austausch der alten einfachverglasten Oberlichter durch 85 feststehende und 12 zu öffnende VELUX Modular Skylights mit 3-Schreiben-Isolierverglasung.

"Unsere wundervolle Schule brauchte bei der Umgestaltung eine liebevolle Hand, nicht nur um die Langlebigkeit des Gebäudes selbst zu gewährleisten, sondern auch um sicherzustellen, dass die Schule ein angenehmer Ort für Kinder und Mitarbeiter ist."

Mette Lisbjerg Jensen,  
Schulleiterin



### Das Beste daraus machen

Die zur Schule umfunktionierte alte Textilfabrik zeigte erhebliche Alterserscheinungen. Das Dach war undicht und man heizte buchstäblich zum Fenster hinaus. Ein Abriss kam aufgrund der hohen Kosten zu keiner Zeit in Frage, zudem stehen die Gebäude als Wahrzeichen des Ortes unter Denkmalschutz. Stattdessen entschied sich die Schule für die Modernisierung des Gebäudes, die mit einer Verbesserung des Raumklimas mit mehr Tageslicht, frischer Luft und besserer Temperaturregelung einherging. Die Architekten brachten nach der Zielvorgabe der Schule Licht ins Dunkel: Das denkmalgeschützte Sheddach mit seiner geschwärzten Verglasung war die perfekte Gelegenheit, um mehrere Fliegen mit einer Klappe zu schlagen.

### Gute Temperaturen und CO<sub>2</sub>-Werte das ganze Jahr über

In Regionen mit Jahreszeitenklima wie das Dänemarks stellt sich die Aufgabe, für ein angenehmes Raumklima zu sorgen, oft als anspruchsvoll dar. Bei einer unzureichenden Anzahl von Fenstern oder anderen Belüftungseinrichtungen können die Temperaturen im Sommer stark ansteigen, während ein mangelhafter Luftaustausch ganzjährig erhöhte CO<sub>2</sub>-Werte und eine schlechte Raumluftqualität zur Folge haben kann. Zu viele Fenster hingegen machen das Gebäude in den kalten Wintermonaten fast unbewohnbar.

Es sei denn, die Fenster sind fachgerecht isoliert! Darin liegt eine der Herausforderungen für Architekten, die in Regionen mit Jahreszeitenklima arbeiten: Wie schafft man ein gutes Raumklima und sorgt gleichzeitig das ganze Jahr für ausreichend Tageslicht?

Von zentraler Bedeutung hierfür ist eine fachgerechte Wärmeisolierung von Fenstern und Lichtdach-Modulen mit mindestens 2-Scheiben-Isolierverglasung. Nach modernen Standards stellten die einfachverglaste Fenster der Ryparken Lille Skole eine echte Wärmebrücke dar, über die Grad für Grad ungehindert durch das Dach entweichen konnten. Dank der hocheffizienten Wärmeeigenschaften der neuen VELUX Modular Skylights mit 3-Scheiben-Isolierverglasung gelangt jetzt nicht nur jede Menge Tageslicht ins Gebäudeinnere, auch frostige Temperaturen und exorbitant hohe Heizungsrechnungen gehören der Vergangenheit an.

### Frischlucht übers Dach

Um dauerhaft einen guten CO<sub>2</sub>-Wert sowie angenehme Sommertemperaturen zu erzielen, braucht man Frischluftzufuhr – besonders in Gebäuden mit einer begrenzten Anzahl an Fassadenfenstern wie der Ryparken Lille Skole. Zur Gewährleistung einer effektiven Belüftung der Klassenzimmer gehörte es zu den zentralen Zielen des Projekts, eine große belüftete Fläche zu schaffen.

VELUX Modular Skylights bieten die ideale Lösung der Lüftungsfrage – 12 Lüftungsmodule wurden dabei im Projekt verbaut. Dies ermöglicht einen hohen Luftaustausch und steigert gleichzeitig Komfort, Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit der Schüler. Tatsächlich ist es sogar möglich, VELUX Modular Skylights mit bis zu 50% zu öffnenden Modulen auszulagern, wobei alle Module in geschlossenem Zustand eine einheitliche Optik aufweisen, sodass das Design in keiner Weise leidet.

Zudem können die zu öffnenden Module automatisch in Betrieb genommen werden. Besonders vorteilhaft erweisen sie sich daher in Gebäuden wie der Ryparken Lille Skole, wo Unterrichtszeiten und Pausen einem festgelegten Takt folgen. So kann ein Lüftungsplan erstellt werden, bei dem die zu öffnenden Module mit CO<sub>2</sub>-Sensoren gekoppelt werden und sich in den Pausen automatisch öffnen, wenn Frischluft benötigt wird. Automatisch zu öffnende Module sorgen zudem für ein gesünderes Raumklima mit weniger CO<sub>2</sub>, weniger Partikeln in der Luft und einer besseren natürlichen Kühlung in den wärmeren Sommermonaten.

"Wir sind sehr glücklich mit dem Ergebnis. Die Schule ist zu einem viel besseren Arbeitsplatz geworden und zu einer wunderbaren Umgebung für alle," berichtet Mette Lisbjerg Jensen, Schulleiterin der Ryparken Lille Skole.





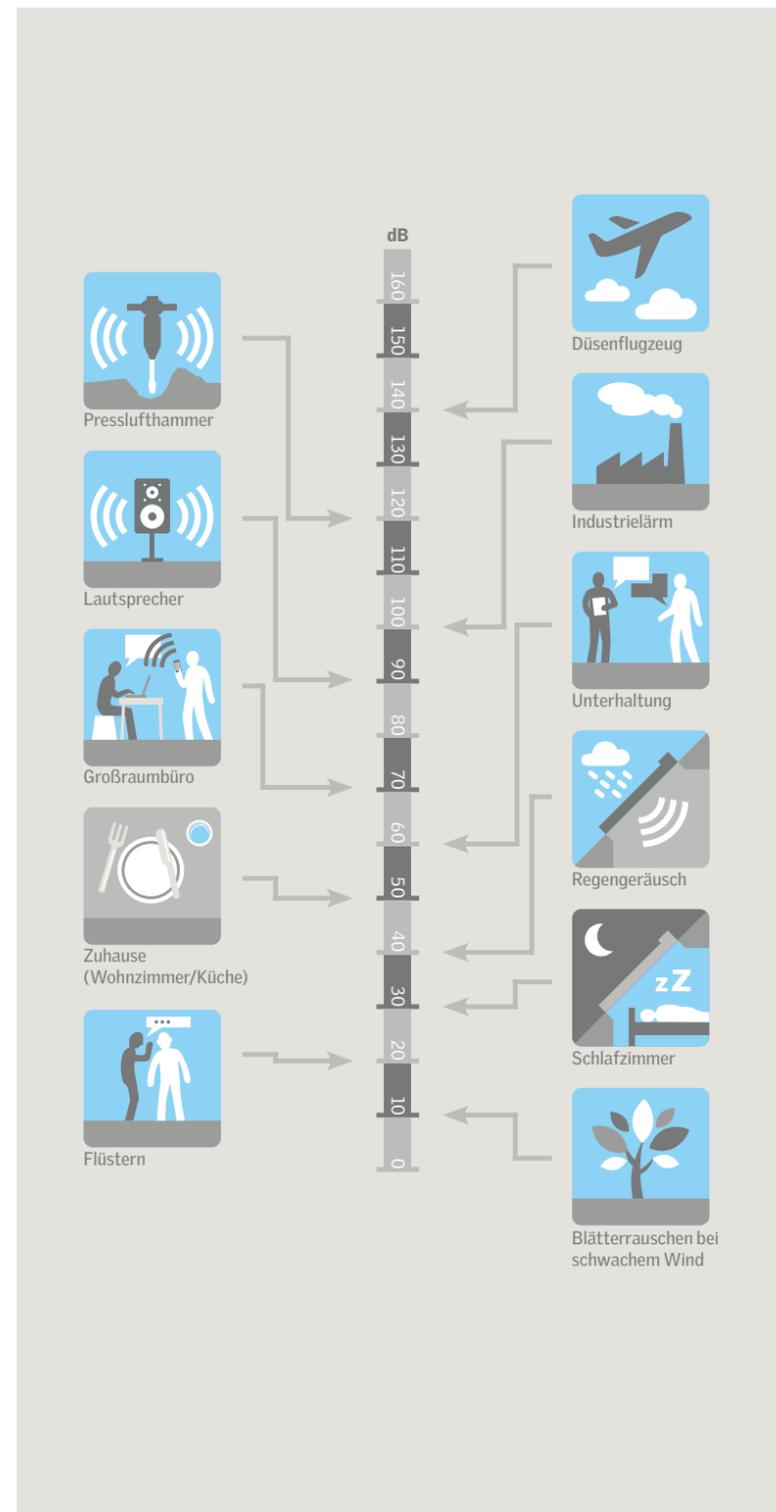
### 3 AKUSTISCHE UMGEBUNG

Der Schutz des Innenraums vor unerwünschten Außengeräuschen ist eine elementare Funktion der Gebäudehülle. Die Schalldämmung ist ein wichtiger Aspekt von Bauteilen, da Lärm negative Auswirkungen auf Gesundheit, Stimmung und Lernfähigkeit haben kann. Unsere Wahrnehmung spielt dabei eine wichtige Rolle bei der Einordnung, ob es sich um einen positiven Klang oder als negativ empfundenen Lärm handelt, den wir hören. Unerwünschter Lärm ist irritierend oder störend und in schweren Fällen sogar gesundheitsschädlich<sup>1</sup>.

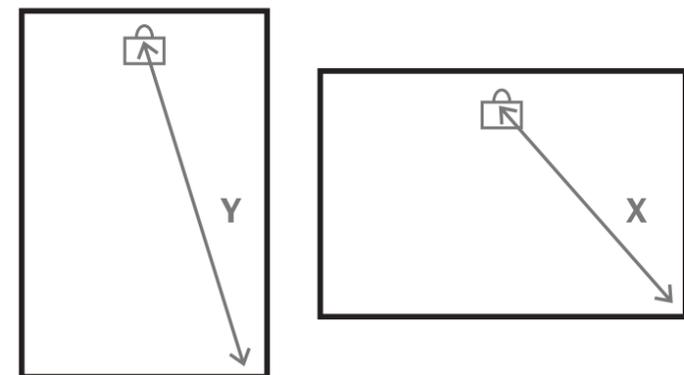
Eine angenehme Hörwahrnehmung und der Ausschluss störender Hintergrundgeräusche sind unverzichtbare Voraussetzungen dafür, dass sich die Schüler konzentrieren können und die Kommunikation im Klassenzimmer möglich ist.

<sup>1</sup> <https://www.velux.com/deic/acoustics/noise-or-sound> [LINK](#)

## Typische Schallpegel



Vergleich zwischen einem Fassadenfenster und einem Oberlicht. Bei Ausrichtung zur Straße ergibt sich am Einbauort eines Oberlichts ein 8 dB niedrigerer Schallpegel als bei einem Fassadenfenster. Befindet sich der Einbauort des Oberlichts näher zum Hinterhof, ergibt sich ein noch geringerer Schallpegel (ca. 15 dB).



Wenn ein Lehrerpult in der Mitte der Längsseite eines Raums platziert wird, ist die Entfernung zur Ecke (X) kürzer als wenn der Tisch in der Mitte der kürzeren Seite (Y) steht.

- 1 Crandell and Smaldino: Classroom Acoustics for Children With Normal Hearing and With Hearing Impairment, 2000
- 2 Picard and Bradley: Revisiting speech interference in classrooms. 2001
- 3 Clever Classrooms, Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester (2015)

## Akustikplanung berücksichtigen

In Klassenzimmer sollten optimale Bedingungen für die Erzeugung und Wahrnehmung der vorgesehenen Geräusche (wie Gespräche) und dem Schutz vor störenden Geräuschen (wie Spielplatz- und Verkehrslärm) geschaffen werden.

In den Studien von Crandell und Smaldino (2000)<sup>1</sup> bzw. Picard und Bradley (2001)<sup>2</sup>, werden die Ergebnisse aus mehreren Vorläuferstudien mit dem Fazit zusammengefasst, dass die akustische Umgebung eines Klassenzimmers einen entscheidenden Faktor für die schulischen und psychosozialen Leistungen der Kinder darstellt. In dem Bericht „Clever Classrooms“ (2015)<sup>3</sup> wird hervorgehoben, dass dies vor allem für Kinder mit besonderem Förderbedarf gilt.

Nachstehend sind einige entscheidende Faktoren aufgeführt, die bei der Optimierung der akustischen Umgebung in Klassenzimmern zu berücksichtigen sind:

### Regulierung von Außengeräuschen

Wenn Klassenzimmer in größerer Entfernung zu belebten Bereichen der Schule wie Spielplätzen oder Empfang untergebracht werden, sind sie Außengeräuschen weniger stark ausgesetzt. In manchen Fällen lassen sich störende Geräusche dadurch regulieren, dass Einrichtungen wie Flure, Toiletten oder Lagerräume als Pufferzonen genutzt werden. Idealerweise sollten Schulen nicht in der Nähe von belebten Straßen angelegt werden. Lässt sich dies nicht vermeiden, lassen sich Verkehrsgläusche dadurch dämpfen, dass die

Klassenzimmer auf dem Schulgelände so weit wie möglich der Straße abgewandt und von dieser entfernt eingerichtet werden. Zusätzlich können Hügel und Böschungen angelegt und mit Pflanzen und Pufferelementen bestückt werden. Die Herausforderung besteht darin, die Geräusche zu regulieren, ohne beim Tageslichtangebot, der Lüftung und der Aussicht ins Freie große Einbußen hinnehmen zu müssen. Eine gute Lösung ist die Nutzung von automatisch gesteuerten Tageslicht-Modulen, die während der Pausen geöffnet werden können, damit eine ordnungsgemäße Lüftung und Temperaturregelung gewährleistet ist, ohne dass während des Unterrichts Verkehrslärm ins Klassenzimmer gelangen kann.

Fenster mit Doppelverglasung in unterschiedlicher Glasdicke (z. B. 4 mm und 6 mm) erreichen eine bessere Schalldämmung als Fenster mit Standardverglasung. Scheiben mit Dreifachverglasung mit unterschiedlichen Abständen zwischen Glas und Glasdicke schneiden ebenfalls besser ab als die Standardlösung. Auch eine Veränderung der Gasfüllung wirkt sich aus – Krypton sorgt beispielsweise für eine bessere Schalldämmung. Und auch Lamellen sind eine weitere Möglichkeit, eine höhere Schalldämmung der Verglasung zu erzielen.

### Innengeräusche

Der innerhalb eines Gebäudes erzeugte Schall kann in zwei Übertragungsquellen aufgeteilt werden – Luftschall und Körperschall, der durch Schwingungen im

Gebäude selbst übertragen wird. Schall, der durch menschlichen Aktivitäten oder durch mechanische Geräuschquellen erzeugt wird, breitet sich durch Luft, Wände, Böden und Decken aus. In den Klassenzimmern können unerwünschte Geräusche bei Bedarf mithilfe von abgehängten Decken mit Akustikfliesen, Tischen und Stühlen mit Gummifüßen und durch das Einziehen von Schallschutzplatten reduziert werden. Ferner kann der Schall mithilfe von porösen Materialien absorbiert werden; auch Vorhänge tragen zur Optimierung der Akustik bei, da sie Echos bzw. den Widerhall von Geräuschen dämpfen.

### Grundriss des Raums

Der Sitzplan im Klassenzimmer sollte so angelegt sein, dass die Lehrer von den Schülern gut gehört werden können; je näher sie sich also sind, desto besser. Ein rechteckiger Raum eignet sich für einen entsprechend angelegten Sitzplan am besten. Das soll jedoch nicht heißen, dass der Grundriss des Raums alleine eine optimale Akustik ersetzen kann, er ist jedoch ein relevantes Gestaltungskriterium.

Grundsätzlich gilt: Wenn Klassenzimmer eine gute akustische Umgebung bieten, können die Lehrer von den Schülern gut gehört und Ablenkungen durch Außengeräusche minimiert werden. Außerdem können die Schüler bei Bedarf effektiv in Gruppen zusammenarbeiten und auch bei Einzelarbeit oder während Prüfungen bleibt die Konzentrationsfähigkeit erhalten.



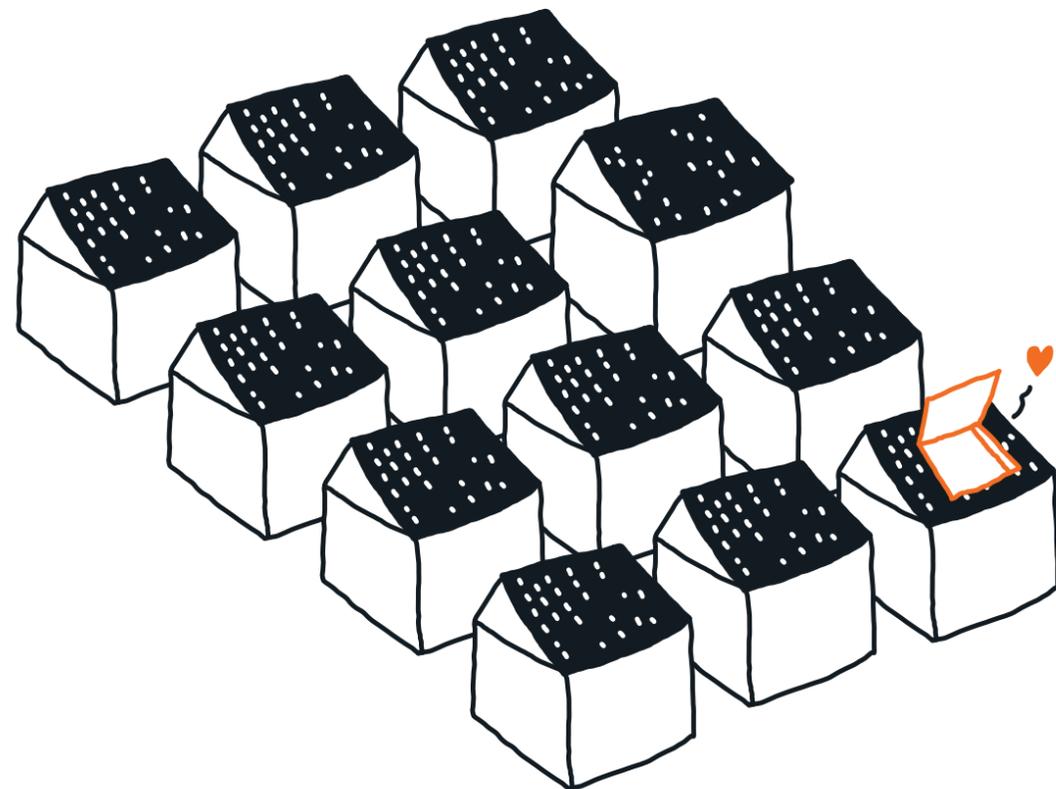
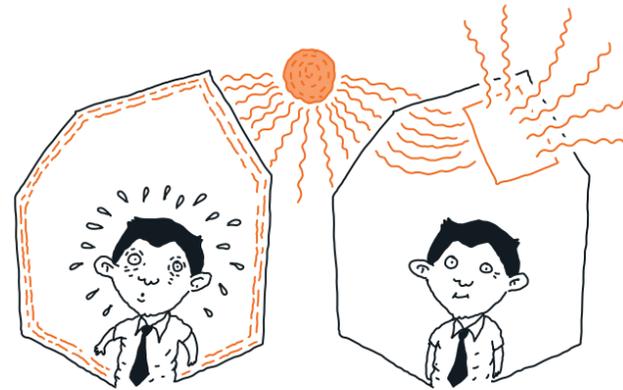
---

## 4 TEMPERATUR

Wie die Breischüsselchen im bekannten Märchen von Goldlöckchen und den drei Bären sollte das Klassenzimmer weder zu warm noch zu kalt sein, sondern genau die richtige Temperatur haben.

## Vier Lösungen zur Verbesserung der Raumtemperatur in Klassenzimmern

1. Nutzen Sie im Sommer Sonnenschutzsysteme und natürliche Belüftung zur Vermeidung hoher Raumtemperaturen, die zu einer Beeinträchtigung der Lernfähigkeiten führen können.
2. Spezifizieren Sie für eine energieneutrale Kühlstrategie eine energieeffiziente mechanische Belüftung mit systematischer Einbindung natürlicher Belüftung.
3. Nutzen Sie Fenster in der Fassade und im Dach, um die Luft in den gesamten Raum strömen zu lassen (z. B. Querlüftung, Kamineffekt).
4. Integrieren Sie zielführend Sonnenschutzsysteme in die Gestaltung der Schule, indem Sie mittels Iteration die Parameter Luftqualität, Lufttemperatur, Blick nach draußen und Tageslicht miteinander in Bezug setzen.



## Temperaturstandards

Ein wichtiger Aspekt bei der Gestaltung von Klassenzimmern ist die Schaffung guter thermischer Bedingungen, die auf energieeffizienten Technologien wie natürlicher Lüftung, Sonnenschutz und intelligenter Gebäudegestaltung (für die wärmeren Monate) sowie effizienter, regelbarer Heizung (für die kälteren Monate) basieren.

Es wird zunehmend eingeräumt, dass es die „natürliche“ Wohlfühltemperatur nicht gibt. Die besten Ergebnisse in Bezug auf Kühlung und Heizung lassen sich erzielen, wenn die Bewohner selbst Anpassungen vornehmen können, beispielsweise durch den Zugang zu einzeln bedienbaren Fenstern, individuell einstellbaren Sonnenschutz, eventuell auch Tischventilatoren und andere Geräte. Ganz allgemein sollte ein Gebäude den Menschen so wenig wie möglich von der Umgebung abschirmen und ihm nur so viel Schutz wie nötig bieten<sup>1</sup>.

In allen europäischen Ländern gibt es Richtlinien für eine Mindestraumtemperatur in Klassenzimmern, die per Gesetz oder in Normen festgelegt sind. Diese Mindestanforderungen variieren von Land zu Land und je nach Jahreszeit, liegen jedoch in einer Spanne von 17°C bis 20°C. Eine Vorgabe für die maximale Raumlufttemperatur in Klassenzimmern ist weitaus seltener anzutreffen. Diese liegt dann zwischen 22°C und 29°C.

<sup>1</sup> <https://www.velux.com/article/2016/health-matters> [LINK](#)

## Temperatur und Lernerfolg

Seit einigen Jahrzehnten befasst sich die Forschung mit dem Zusammenhang zwischen einer optimalen Temperaturspanne und besseren Lernergebnissen. Von Zeiler und Boxem (2009)<sup>2</sup> stammt eine eingehende Studie zur Untersuchung der Effekte wärmebedingter Eigenschaften in Schulen auf die Lernleistung der Schüler. Mendell und Heath (2005)<sup>3</sup> wiederum sichten Hinweise für die Wirkung des Raumklimas sowohl auf Leistungsverhalten als auch Aufmerksamkeit, während Fisk (2017)<sup>4</sup> eine umfangreiche Literaturübersicht über Lüftungsprobleme in Schulen und deren Auswirkungen auf die Leistung, Gesundheit und Fehlzeiten von Schülern erstellt hat.

Diese Studien zeigen, dass Schüler mit steigender Temperatur und Luftfeuchtigkeit ein wachsendes Unbehagen verspüren und dass sich Lernleistung und -ergebnis infolge abnehmender Konzentrationsdauer verschlechtern. Hohe Raumtemperaturen sind auch mit Kopfschmerzen sowie Augen-, Nasen-, Ohren- und Rachenbeschwerden verbunden. Eine hohe Luftfeuchtigkeit wiederum konnte mit vermehrtem Auftreten von

<sup>2</sup> Zeiler & Boxem (2009). Effects of thermal activated building systems in schools on thermal comfort in winter. Building and Environment. [LINK](#)

<sup>3</sup> Mendell and Heath (2005). Do Indoor Pollutants and Thermal Conditions in Schools Influence Student Performance? A Critical Review of the Literature. Indoor Air

<sup>4</sup> Fisk (2017) The ventilation problem in schools: literature review. Indoor Air

Schimmelpilzen in Verbindung gebracht werden, was seinerseits bestimmte Symptome verursachen oder verschlimmern kann.

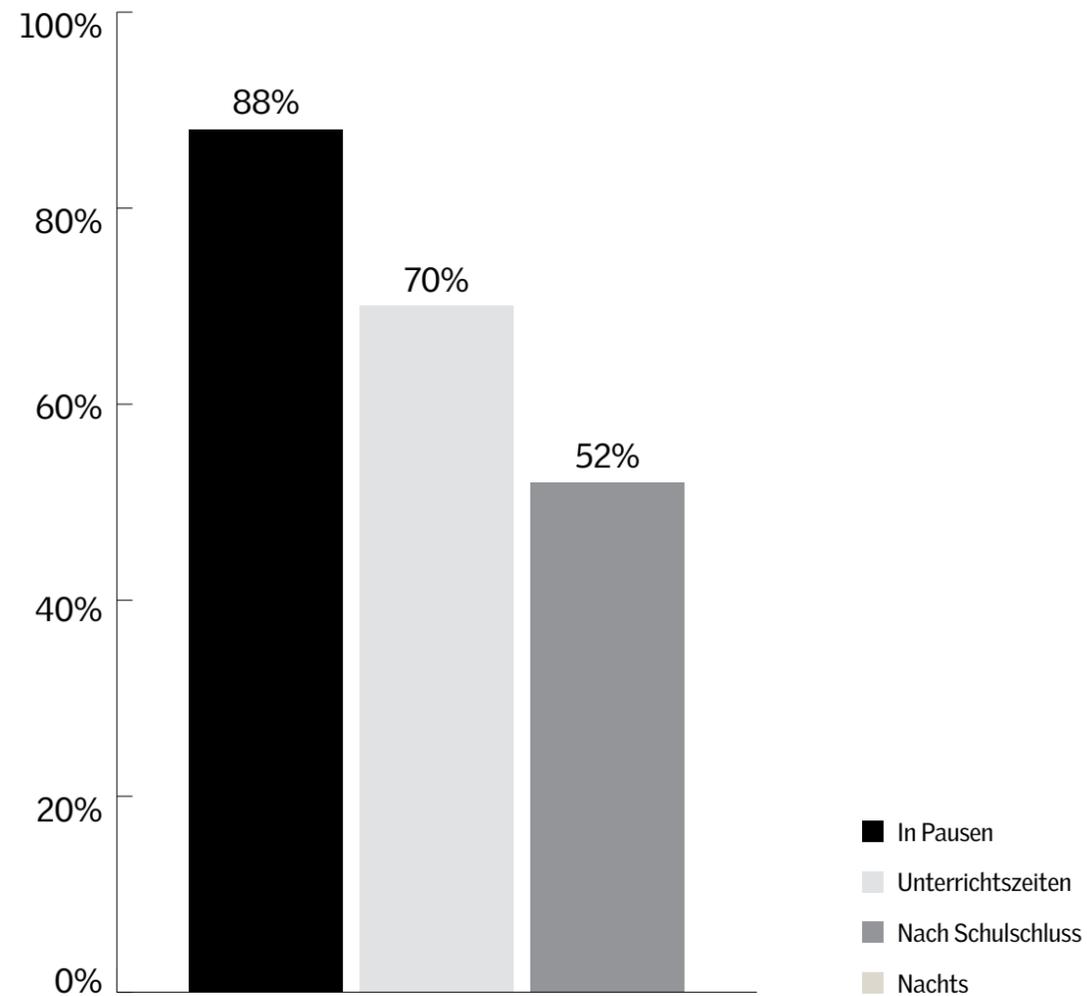
## Möglichkeiten der Kühlung

Die natürliche Belüftung durch Öffnen der Fenster und Tageslichtsysteme im Dach ist eine schnelle und direkte Möglichkeit, auf das thermische Raumklima Einfluss zu nehmen. Ein offenes Fenster erzeugt vermehrte Luftbewegung. Wenn die Außentemperatur niedriger ist als die Raumtemperatur, dann sinkt die Raumtemperatur. Selbst wenn die Lufttemperatur draußen leicht höher ist als im Innenraum, bewirkt die durch den Luftzug erhöhte Luftgeschwindigkeit eine Kühlung des menschlichen Körpers.

Die natürliche Lüftung zur Kühlung kann auf zwei Arten erfolgen – die Tag- und die Nachtlüftung:

- Bei der Lüftung während des Tages wird überschüssige Wärme aus dem Gebäudeinneren abgeleitet, indem ein hohes Maß an Luftbewegung erzeugt wird.
- Die Nachtlüftung (auch passive Kühlung genannt) kühlt thermische Gebäudemassen (Wände, Böden, Möbel etc.) während der Nacht mit kühler Außenluft herunter. Am folgenden Tag wird weniger Kühlenergie im Gebäude benötigt, da die thermische Masse bereits abgekühlt ist.

Auch die Ausrichtung des Klassenzimmers und die Beschattungssteuerung spielen eine wichtige Rolle bei



Diese Grafik der in 114 Schulen in 23 europäischen Ländern durchgeführten SINPHONIE-Studie zeigt deutlich, zu welchen Zeiten Fenster während des Tages geöffnet sind. Zur Nachtlüftung liegen keine Nachweise vor.

der Schaffung gleichbleibender thermischer Behaglichkeit. Große Fenster und Oberlicht-Module können so ausgerichtet werden, dass in den Wintermonaten maximales Sonnenlicht einfallen kann. Mit verstellbaren Beschattungselementen kann das Sonnenlicht in den Sommermonaten nach Bedarf abgeschirmt werden.

#### Thermische Behaglichkeit

Feldstudien zeigen, dass Menschen in natürlich belüfteten Gebäuden höhere Temperaturen tolerieren<sup>5</sup>. Die dadurch hervorgerufene Anpassung des Körpers auf seine Umgebung wird adaptive thermische Behaglichkeit genannt. Die Gestaltung von Räumen unter Berücksichtigung der adaptiven thermischen Behaglichkeit setzt voraus, dass der Mensch seine Kleidung beliebig anpassen und Fenster bedienen kann. Die Folge der Anpassung ist, dass durch natürliche Lüftung, Sonnenschutz und intelligente Gebäudegestaltung auch in warmen Klimazonen ohne Klimatisierung eine thermische Behaglichkeit erreicht werden kann.

In Ländern mit sehr hohen Sommertemperaturen können neben der natürlichen Lüftung und Beschattung auch Deckenventilatoren oder mechanische Klimaanlage erforderlich sein.

<sup>5</sup> de Dear and Brager (1998). Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. ASHRAE Transactions

<sup>6</sup> Clever Classrooms (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester [LINK](#)

#### Möglichkeiten der Wärmeerzeugung

Die Studie „Clever Classrooms“ (2015)<sup>6</sup> ergab, dass sich im Winter eine bessere Temperaturregelung erzielen lässt, wenn die Räume mit Thermostatheizkörpern ausgestattet sind. Im Vergleich dazu schnitt die Fußbodenheizung schlechter ab: Aufgrund längerer Vorlaufzeiten ist eine gezielte Regulierung der Temperatur in den einzelnen Klassenzimmern schwierig.

Die Studie empfiehlt darüber hinaus, dass alle Methoden der Temperaturkontrolle in Klassenzimmern leicht bedienbar und für Lehrer leicht zugänglich sein sollten.



## PROJEKTARTIKEL 3

### HESSENWALD-SCHULE

Ein neues Unterrichtskonzept dank moderner Architektur

Die Hessenwaldschule im südhessischen Weiterstadt setzt Maßstäbe für energieeffiziente, zeitgemäße Architektur, geschaffen für ein neues Unterrichtskonzept. Herzstück sowohl des pädagogischen Konzepts als auch des Gebäudes ist das lichtdurchflutete und gut belüftete dreigeschossige Atrium.



„Das Beste, was man tun kann, damit sich die Menschen gesund fühlen, ist mit Materialien und viel Licht einfach gute Räume zu schaffen.“

Alexander Vohl,  
geschäftsführender Gesellschafter  
von wulf architekten

### **Moderne Architektur in ländlicher Umgebung**

Die Hessenwaldschule macht Furore. Fachwelt, Kommune, Schüler, Nutzer und Lehrer sind von dem neuen Schulkomplex einhellig begeistert. 700 Schüler aus den umgebenden Orten und Gemeinden besuchen die Schule. Trotz der Größe des Gebäudes ist es wulf architekten durch eine clusterartige Pavillonarchitektur gelungen, das Gebäude in die Natur zu integrieren und gleichzeitig das offene pädagogische Konzept in eine klare und zeitgemäße Architektursprache zu übersetzen. Im Zentrum steht ein lichtdurchflutetes und gut belüftetes Atrium, das den gesamten Komplex zusammenhält.

Das dreigeschossige Atrium verbindet Aula, Pausen-, Theater- und Musiksaal. Sechs Lichtbänder mit VELUX Modular Skylights ermöglichen eine optimale Versorgung mit Tageslicht. Die diffuse und ruhige Helligkeit, die über die Lichtbänder ins Gebäude dringt, relativiert die Wirkung des Lichtspiels durch die perforierten Sonnenschutzbleche der Fassade und schafft dadurch eine ausgeglichene Atmosphäre. Die offene architektonische Gestaltung unterstützt das offene Lernen durch eine Vielzahl von Gemeinschaftsflächen, die die Schüler eigenständig nutzen können.

### **Tageslichtdach im Mittelpunkt**

Die Hessenwaldschule vereint verschiedene Schulstufen, von der Oberstufe

über die Mittelstufe bis zur Sekundarstufe I, sodass die Schüler je nach Leistung wechseln können.

Die gesamte Schule ist auf offene pädagogische Ansätze ausgerichtet; Dreh- und Angelpunkt für diese Herangehensweise ist das Atrium. Der kubische Aufbau des Atriums ist von außen als eigenständiger Körper deutlich sichtbar, im Inneren verbindet es drei Stockwerke und unterschiedliche Lernräume miteinander.

Im Dach des Atriums befinden sich sechs Lichtbandkonstruktionen mit VELUX Modular Skylights. Diese lassen diffuses Licht von außen eindringen und schaffen eine ausgewogene Atmosphäre. Die Tageslicht-Module sind in Lichtschächten zurückgesetzt, die in die Streckmetalldecke eingeschnitten wurden und wirken dadurch fast wie schlichte Leuchten. Das helle, natürliche Tageslicht verwandelt sie zu einem charakteristischen Gestaltungselement, das dem Atrium sein spektakuläres Erscheinungsbild verleiht.

### **Nachhaltigkeit als zentraler Bestandteil des Komplexes**

Die VELUX Modular Skylights unterstützen zudem auch das Energiekonzept des Gebäudes. Die großen Glasflächen im Dach tragen durch Erwärmung der Luft im Inneren des Atriums zur Energieeffizienz bei und helfen so auch bei der Beheizung der verschiedenen Pavillions. Im Sommer hingegen kann

die warme Luft über die zu öffnenden Module in den Lichtbändern wieder entweichen und die Temperatur niedrig gehalten werden.

Die Schule wurde entsprechend der Leitlinien des nachhaltigen Bauens des Landkreises Darmstadt-Dieburg in Anlehnung an den Passivhaus-Standard ausgeführt. Die klaren Kubaturen mit geringer Höhe und die guten Speichereigenschaften der Massivbauweise sollen bereits durch passive Maßnahmen für niedrige Unterhaltskosten sorgen, sowie robuste Materialien für einen minimalen Wartungsaufwand.

Die Wärmeversorgung erfolgt über eine Biomasseheizung in einem separaten Gebäude. Der sommerliche Wärmeschutz basiert maßgeblich auf der Nutzung der thermischen Speichermasse der Sichtbetondecken und der automatisierten Nachtauskühlung durch die Elementfassade und die zu öffnenden Module der VELUX Modular Skylights im Atrium.

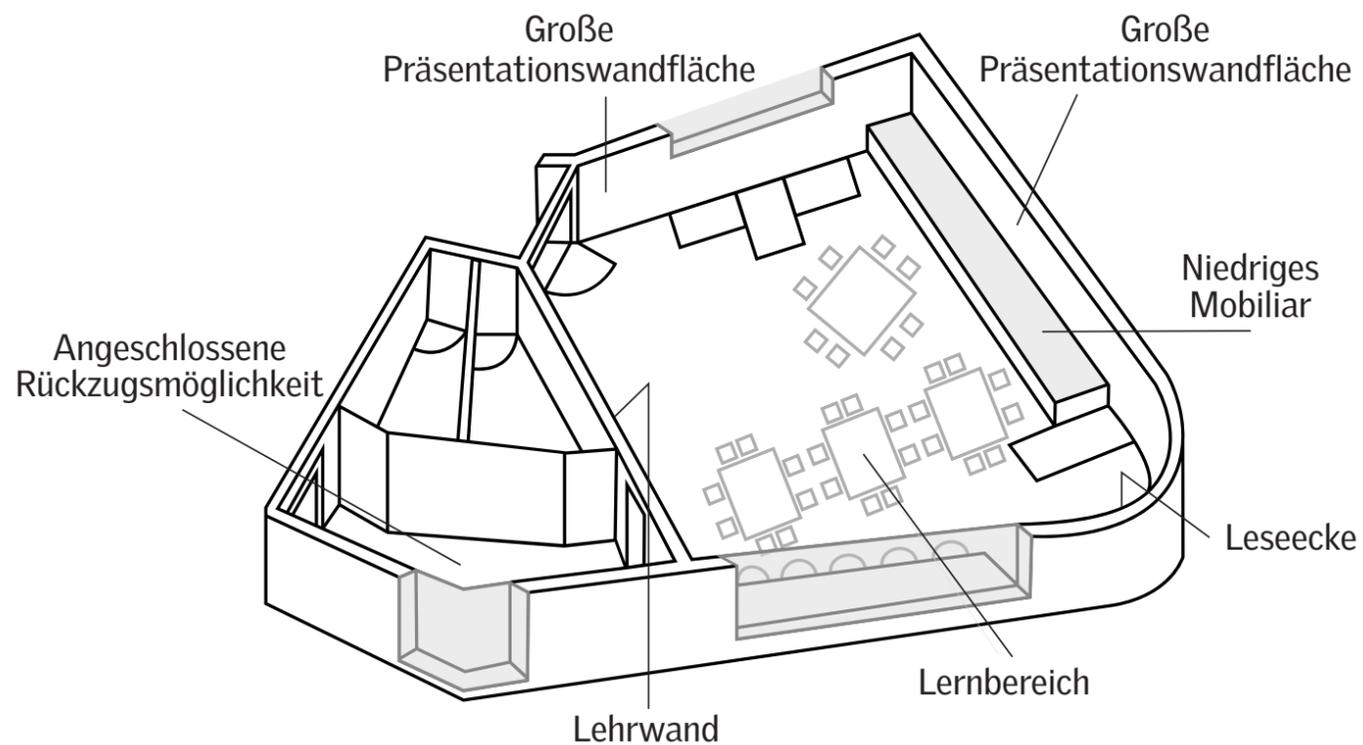
Im Ergebnis entstand laut Markus Bürger, Rektor der Hessenwaldschule, ein ideales Raumklima: „Ein Klima, in dem man sich wohlfühlt, geprägt durch die tolle Architektur, die Lichtverhältnisse und die angenehme Temperatur. Damit Lehrer und Schüler gut miteinander arbeiten können, muss zunächst die Basis – also der Raum – stimmen. Wir sprechen hier also nicht nur von Raumklima, sondern von Lernklima.“





## 5 KLASSEN- ZIMMER- GESTALTUNG

Mit gut gestalteten Klassenzimmern lassen sich Lernfortschritte der Schüler in nur einem Jahr um etwa 16 % steigern. Eigenverantwortung und Flexibilität machen ein Viertel dieser Lerneffekte aus, also sollten wir diese wichtigen Faktoren in Bezug auf die Gestaltung des Klassenzimmers genauer unter die Lupe nehmen.



Diese Abbildung eines Klassenzimmers zeigt verschiedene Merkmale für eine flexible Herangehensweise, inspiriert vom Bericht *Clever Classrooms*: Zu sehen sind definierte Lernbereiche, eine angeschlossene Rückzugsmöglichkeit, eine optimale Raumform mit einem Lehrbereich, der sich relativ nah an den am weitesten weg sitzenden Schülern befindet, sowie große Wandflächen für verschiedene Präsentationsmöglichkeiten.

### Individualität berücksichtigen

Wenn Kinder sich mit ihrem Klassenzimmer identifizieren können, dann empfinden sie auch eine größere Verantwortung, was sich wiederum vielfältig und positiv auf Aufnahmefähigkeit und Persönlichkeitsentwicklung auswirkt.

Ansprechende Klassenzimmer unterstützen zudem die individuelle Förderung, denn sie bieten eine Vielzahl an Möglichkeiten für verschiedene Lernformen. Dafür muss die Einrichtung natürlich ebenfalls entsprechend flexibel sein.

### Förderung der Eigenverantwortung

Die physiologische und psychologische Forschung zeigt, dass die Personalisierung des Raumes ein wichtiger Faktor für die Persönlichkeitsentwicklung und das Selbstwertgefühl eines Menschen ist. Mehrere Studien haben herausgefunden, dass vertraute und persönlich gehaltene Räume den Menschen besser darin unterstützen, Informationen aufzunehmen, zu speichern und abzurufen<sup>1</sup>. Fühlt sich ein Kind seinem Klassenzimmer zugehörig, so scheint dies ein guter Nährboden für die Entwicklung eines Verantwortungsgefühls zu sein<sup>2</sup>.

1 McMillan: *Research in Education: A Conceptual Introduction*. 1997  
 2 DeVries and Zan: *Moral Classrooms, Moral Children: Creating a Constructivist Atmosphere in Early Education*. 1994

Zudem stellte sich heraus, dass Klassenzimmer, die die Ergebnisse der intellektuellen Arbeit der Schüler visualisieren (Projekte, Präsentationen und Modelle), die Beteiligung am Unterricht und auch die Lernfreude fördern.

Die Studie „Clever Classrooms“ ermittelte eine Reihe von Faktoren, die in zwei Kategorien wichtig sind: Aspekte, die dazu beitragen, dass die Schüler sich mit „ihrem“ Klassenzimmer identifizieren, und speziell kindgerechte Aspekte. Der Bericht liefert unter anderem folgende Empfehlungen:

- Um schnell ein Gefühl von Vertrautheit zu schaffen, sollte das Klassenzimmer einen eigenen Charakter haben oder mit besonderen Merkmalen ausgestattet werden.
- Es sollte ausreichend Möglichkeiten bieten, die Arbeiten der Schüler an der Wand oder auf speziellen Schautischen auszustellen.
- Es sollte personalisierte Elemente enthalten, z. B. mit Namen gekennzeichnete Garderobenhaken, Schrankfächer und/oder Schubladen.
- Um eine kindgerechte Lernumgebung zu schaffen, sollten gut gestaltete Möbel gewählt werden. Tische und Stühle sollten je nach Alter und Größe der Kinder bequem, interessant und ergonomisch sein.

### Raum für Flexibilität

Alle Klassenzimmer erfordern ein gewisses Maß an Flexibilität, um verschiedenen Lernmethoden gerecht zu werden. Die Studie „Clever Classrooms“ gibt unter anderem folgende Empfehlungen ab:

- Klassenzimmer mit klar definierten Rückzugsmöglichkeiten oder Nischen zeigten einen positiven Einfluss auf den Lernvorgang, da dort in einem geschützten Umfeld die Einzel- und Kleingruppenbetreuung möglich wird. Vom Klassenzimmer gänzlich abgetrennte Räume zeigen jedoch scheinbar keinen Effekt.
- Räume mit abwechslungsreichen Grundrissen bieten ein größeres Potenzial für die Schaffung verschiedener Aktionsbereiche für jüngere Schulkinder. Ältere Schüler profitieren eher von quadratischen und größeren Räumen, da sich dort die Lernmöglichkeiten effektiver ausnutzen lassen.
- Angemessene und gut zugängliche Aufbewahrung ist wichtig, allerdings wird durch zu viele Schränke wertvoller Lernraum verschwendet. Eine gute Lösung ist es, Schränke und Garderoben in überbreiten Gängen unterzubringen, soweit der Durchgang nicht behindert wird.
- Große, begehbare Wandflächen bieten flexible Möglichkeiten für den Aushang von Informationen und die Präsentation von Schülerarbeiten.



- Jüngere Kinder, die viel Zeit mit spielerischem Lernen verbringen, profitieren von einer größeren Anzahl verschiedener Lernzonen. Es ist darauf zu achten, dass die Wege zwischen den verschiedenen Zonen freigehalten werden. Ältere Schüler, die mehr Zeit mit individuellem, formalem Lernen oder Gruppenarbeit verbringen, brauchen weniger Lernzonen.

Eine angemessene Berücksichtigung der Bedürfnisse der Kinder hinsichtlich Identifikation und Flexibilität in „ihrem“ Klassenzimmer wird durch die Verbindung des Raumes mit der Natur und der Außenwelt erleichtert, z. B. mithilfe von Fenstern mit Blick in den Garten, Tageslichtsystemen im Dach und Türen mit direktem Zugang zu außenliegenden Spielbereichen.

Eine moderne und unkonventionelle Alternative ist es, auch bei der Bestuhlung flexibel zu sein. Neue Schulen wie die Frederiksbjerg School im dänischen Aarhus experimentieren mit dieser Möglichkeit (siehe Bild) und bieten damit den Lehrern eine effiziente und einfache Option, von den üblichen Mustern des Frontalunterrichts abzuweichen.



## 6 ANREGENDE KLASSEN- ZIMMER

Stimulation, Farbe und visuelle Komplexität sind für eine dynamische Lernumgebung im Klassenzimmer zwar von ganz entscheidender Bedeutung, wo jedoch liegt das gesunde Gleichgewicht zwischen Unter- und Überstimulation?



### Das gesunde Mittelmaß

Lebhafte Farben und überfrachtete visuelle Darstellungen führen bei Kindern leicht zu einer Überstimulation, auf der anderen Seite ist aber auch die weiße Wand nicht unbedingt eine Lösung. Wie finden wir in der Gestaltung eines Klassenzimmers also das rechte Gleichgewicht? Theorien legen nahe, dass Abwechslung, Neues oder Atypisches zur visuellen Komplexität beitragen, was sich wiederum auf die Stimulation niederschlägt. Die Meinungen gehen jedoch auseinander, ob in der Lernumgebung von Kindern eher mehr oder weniger Stimulation sinnvoll ist. Beispielsweise hat eine im Bericht „Clever Classrooms“<sup>1</sup> zitierte Studie gezeigt, dass Kinder mit „geringer visueller Ablenkung“ weniger Zeit abseits ihrer Arbeit verbrachten und höhere Lernergebnisse erzielten als Kinder mit „hoher visueller Ablenkung“<sup>2</sup>. Dabei ergab sich auch, dass die Lernergebnisse in schlichten Klassenzimmern höher waren als in reich ausgeschmückten. Read et al (1999)<sup>3</sup> fanden unterdessen heraus, dass gegliederte Räume mit unterschiedlichen Deckenhöhen und Wandfarben den Gemeinschaftssinn stärken. Allerdings kehrt sich dieser Effekt um, wenn der Raum zu komplex wird.

### Wieviel Komplexität darf es sein?

Sowohl eine zu hohe als auch eine zu niedrige Komplexität führt zu ungünstigeren Lernbedingungen, wohingegen eine mittlere visuelle Komplexität optimal ist. Die Studie „Clever Classrooms“ kommt zu folgendem Schluss:

- Die optische Abwechslung bei Böden und Decken genügt, um die Aufmerksamkeit der Schüler anzuregen und vermittelt gleichzeitig ein gewisses Maß an Ordnung. Höhere, einfachere Deckenformen können den Raum strecken, während vielschichtigeren Formen die Komplexität erhöhen, vorausgesetzt, es wird dadurch keine optische Unruhe erzeugt.
- Visuelle Darstellungen an den Wänden sollten gut gestaltet und gegliedert sein. Es wird empfohlen, 20 bis 50 % der Wand freizuhalten.
- Fenster sollten aufgrund des Lichteinfalls möglichst frei von Präsentationsmaterial sein.

### Am besten leuchtende Farben?

Für Kinder sind leuchtende Farben zweifellos sehr ansprechend. Ein funktioneller Ansatz im Umgang mit Farbe im Klassenzimmer sollte sich jedoch darauf konzentrieren, wie Farbe eingesetzt wird, um positive Ergebnisse zu erzielen, wie z. B. längere Konzentrationszeiten und eine geringere Ermüdung der Augen.

So haben beispielsweise Jalil et al (2012)<sup>4</sup> untersucht, wie sich unterschiedliche Farben auf die Arbeitsleistung auswirken, bestimmte Verhaltensweisen hervorrufen, positive oder negative Wahrnehmungen von Umgebung und Aufgaben erzeugen sowie Stimmungen und Emotionen beeinflussen. Ihr Fazit: Eine farbenfrohe Umgebung hat erhebliche Auswirkungen auf die Lernfähigkeit und auch auf das Wohlbefinden der Schüler.

Während die Vorliebe für eine bestimmte Farbe sehr subjektiv sei, „wird Rot von Kleinkindern und älteren Menschen im Innenbereich bevorzugt, während Blau die bevorzugte Farbe junger Erwachsener, Büroangestellter und männlicher Schüler ist“.

Für die Studie „Clever Classrooms“ (2015) wurden Elemente in gedeckten hellen Tönen (weiß/dezent) und leuchtenden Farben (rot/orange) bewertet. Die Stimulation durch den Einsatz von Farbe erwies sich als kurvilinear, d. h. die optimale Wirkung lag im Mittelbereich. Weitere Ergebnisse:

- Sowohl große, farbenfrohe Wandflächen als auch weiße Wände mit wenigen Farbelementen wurden schlecht bewertet. Ein Zwischenszenario mit allgemein hellen Wänden und einer abgesetzten Funktionswand in einer auffälligeren Farbe erwies sich als der effektivste Weg zur Optimierung des Lernvorgangs.
- Vor diesem relativ ruhigen Hintergrund spielten zusätzliche Farbelemente eine ergänzende, anregende Rolle. Vergleichsweise leuchtende Farben auf Böden, Rollos, Tischen und Stühlen setzen beispielsweise zusätzliche Blickpunkte und Farbakzente.

Das wichtigste Fazit auf den Punkt gebracht: Ein Klassenzimmer sollte niemals öde und langweilig sein, zur Vermeidung von Reizüberflutung ist jedoch Sensibilität für Ausgewogenheit und Ordnungssinn gefragt.

1 Clever Classrooms (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester  
 2 Godwin and Fisher: Visual Environment, Attention Allocation, and Learning in Young Children: When Too Much of a Good Thing May Be Bad. 2014  
 3 Read et al: Impact of Space and Color in the Physical Environment on Pre-school Children's Cooperative Behavior, Environment and Behavior. 1999  
 4 Jalil et al: Environmental Colour Impact upon Human Behaviour: A Review. 2012.



**VELUX®**

Commercial