



**Berufsschullehrerverband Baden-Württemberg**

**Verband der Lehrerinnen und Lehrer an beruflichen Schulen in Baden-Württemberg e. V.**

# Lernförderliche Unterrichtsräume

*Heute die Schule von morgen bauen*



top Akustik



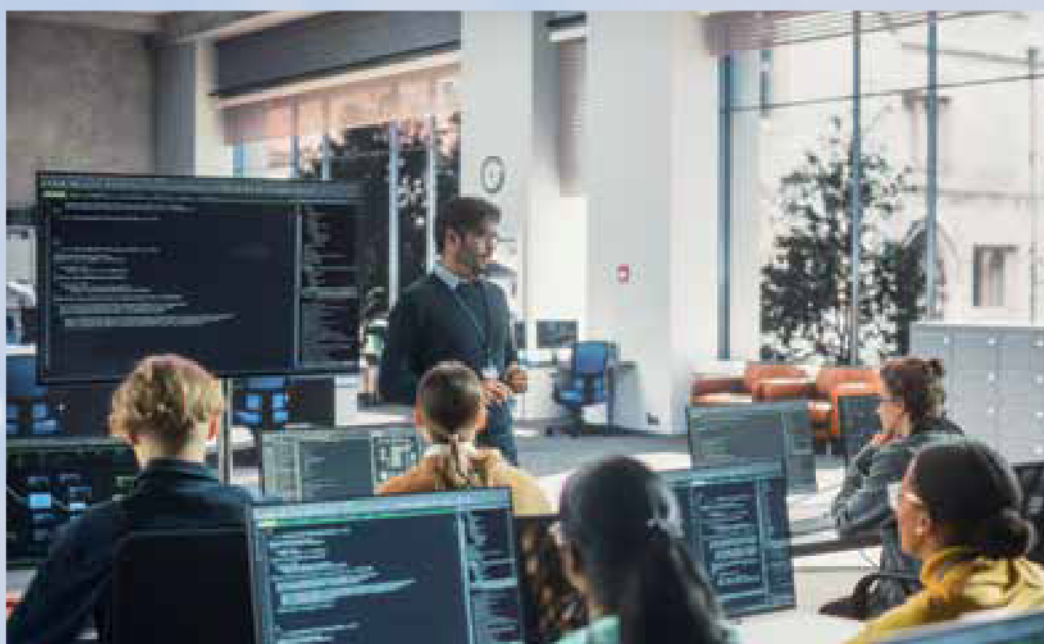
top Raumklima



top Farbkonzept



top Planung



**didacta**

die Bildungsmesse

**Köln**

**10.–14.03.2026**

In Zusammenarbeit mit:



**Fachverband  
Gebäude-Klima e.V.**



**HEINZ TROX  
STIFTUNG**

■ Vorwort Fachverband . . . . .	1	Besser Lernen in neuen Räumen – . . . . .	9	Beispiele von Nachrüstungen . . . . .	24
■ Gebäude-Klima e. V.: Dr.-Ing. C. Kandzia		Bedingungen des Sich-Wohlfühlens		raumluftechnischer Anlagen	
■ Vorwort Trox-Stiftung: C. Roßkothen . . . . .	2	Gesundheitsförderliche Gestaltung . . . . .	11	Effiziente Lüftungstechnik für die . . . . .	26
■ Vorwort des BLV-Vorsitzenden: T. Speck . . . . .	3	des Lebensraums Schule durch		Ev. Jugendhilfe Freiburg-Zähringen	
■ Einleitung des Referats AuG . . . . .	4	geeignetes Mobiliar		und Carl-Metz-Schule	
■ <b>Lernförderliche Schulen</b>		Empfehlungen zu Lüftungskonzepten . . . . .	12	Raumakustik in Klassenräumen: . . . . .	28
■ Ergonomische Schulräume . . . . .	6	in Bildungseinrichtungen		Optimale Bedingungen für	
■ Optimale Bedingungen für das Lehren		Gute Luft im Klassenraum . . . . .	13	besseres Lernen	
■ und Lernen		SMART sanieren statt abwarten . . . . .	15	Atmosphäre im Schulbau: . . . . .	30
■ Schule als Lebensraum – . . . . .	7	Zusammensetzung der Luft . . . . .	17	Die Wirkungen von Farbe und Licht	
■ Wie Unterrichtsräume lernförderlich		und die Gefährdung durch VOC		Schulen im Wandel . . . . .	33
■ gestaltet werden können		Zentrale und dezentrale Lüftungs- . . . . .	18	Fachverband Gebäude-Klima e. V. . . . .	36
■ Neue Bau- und Einrichtungsleitlinien . . . . .	8	anlagen			
■ für Unterrichtsräume		Zu hohe Temperaturen in . . . . .	20		
		Deutschlands Schulen			



Quelle: KAROLUS Media GmbH

**Impressum: Verband der Lehrerinnen und Lehrer an beruflichen Schulen in Baden-Württemberg e. V.**

**Geschäftsstelle:**

Schwabstraße 59 · 70197 Stuttgart  
 Tel. 0711 489837-0  
 www.blv-bw.de · info@blv-bw.de  
 Amtsgericht Stuttgart  
 Vereinsregister-Nr. 7186  
 Vorsitzender: Thomas Speck (V.i.S.d.P.)

**Redaktion:**

Matthias Link, Vors. Referat AuG  
 Manfred Franz, Dr. Peter Hahne,  
 Julia Nordmann, Dr. Michael Raub,  
 Thomas Waldhecker

**Layout:**

Sabrina Müller, KAROLUS Media GmbH  
 Bildquellen: stock.adobe.com

**Druck & Versand:**

KAROLUS Media GmbH, Design & Print  
 Württemberger Straße 118 · 76646 Bruchsal  
 Tel. 07251 2355 · kontakt@karolus-media.de  
 www.karolus-media.de

**Auflage:** 600 Stück

**Copyright:** Nachdruck, Vervielfältigung oder Speicherung in Medien

aller Art, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion.

**Manuskripte und Beiträge:**

Namentlich gekennzeichnete Beiträge decken sich nicht unbedingt mit der Meinung der Redaktion.

## Liebe Leserinnen und Leser,



**Dr.-Ing.  
Claudia Kandzia,  
Heinz Trox Stiftung**

gute Luft ist für Menschen unerlässlich. Bei der Atmung wird Sauerstoff ein- und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ausgeatmet. In vollbesetzten Klassenräumen kommt es schnell zu schlechter, stickiger Luft mit hohem CO<sub>2</sub>-Gehalt. Schülerinnen und Schüler können sich schlechter konzentrieren, sind weniger leistungsfähig, werden schneller müde und bekommen Kopfschmerzen. Eine ständige Frischluftzufuhr fördert die Konzentrationsfähigkeit aller Anwesenden, was eine angenehmere Lernatmosphäre und bessere Leistungen ermöglicht.

Jedoch verfügen lediglich zehn Prozent der deutschen Schulen über Raumluftechnische Anlagen. Alle anderen Schulen sind auf das Lüften über Fenster angewiesen. Das Einhalten der Lüftungsintervalle erfordert Disziplin aller Beteiligten, stört den Unterricht und ist sowohl energetisch als auch akustisch nicht zu empfehlen. Die wertvolle Heizenergie wird weggelüftet, Straßenlärm, Abgase, Staub und Pollen werden in den Klassenraum hineingetragen.

Etliche Gespräche mit Akteuren aus dem Bereich Bildung haben mir gezeigt, dass es an Wissen über den Zusammenhang von Konzentrationsfähigkeit und guter Raumluftqualität fehlt. Das ist ein Punkt, über den wir nachdenken müssen. Meiner Meinung nach ist es unsere Aufgabe, dieses Wissen in die Öffentlichkeit zu tragen. Dabei kann es keine Lösung sein, den Lehrkräften zusätzliche Aufgaben zu übertragen, wie beispielsweise Lüftungsintervalle einzuhalten. Ihr Fokus muss auf der Gestaltung des Unterrichts liegen dürfen. Schülerinnen und Schüler für den Unterricht zu motivieren und ständig bei Laune zu halten ist herausfordernd genug.

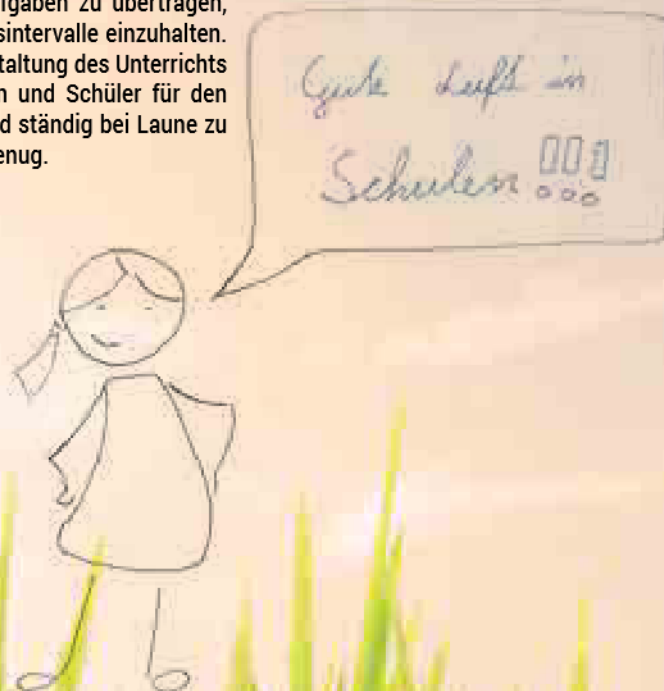
Pädagogen, Wissenschaftler und Ingenieure machen seit vielen Jahren auf Baumängel in Schulen aufmerksam. Leider werden Schulleiter und Lehrkräfte oft mit der Umsetzung dringend benötigter Maßnahmen allein gelassen. Es ist nicht wirklich ein Trend zu erkennen, dass Raumluftechnische Geräte nachgerüstet werden. Die Didacta bietet uns mit der Ausgestaltung der Sonderschaufläche: „Lernförderliche Unterrichtsräume – Heute die Schulen von morgen bauen“ die Möglichkeit, dieses Thema in die Breite zu tragen und aufzuklären. Wir möchten für den Notwendigkeit einer guten Innenraumluftqualität sensibilisieren und zeigen, dass ein Nachrüsten an vielen Stellen mit einem deutlich geringeren Arbeits- und Kostenaufwand verbunden ist, als allgemein geglaubt wird.

Dabei ist der Nutzen der Nachrüstung wissenschaftlich längst bewiesen: Eine Verdopplung der Lüftungsrate kann die Lernleistung um bis zu 10 % verbessern.



Ich freue mich auf eine spannende Woche auf der DIDACTA in Stuttgart mit vielen anregenden Beiträgen und Diskussionen. Für die hervorragende Zusammenarbeit bei der Ausgestaltung der Sonderschaufläche möchte ich mich bei der Heinz-Trox-Stiftung, dem Berufsschullehrerverband Baden-Württemberg e. V. sowie bei unseren Mitgliedsunternehmen TROX, AIRFLOW, KAMPMANN, WILDEBOER und SYSTEMAIR sehr herzlich bedanken.

**Dr.-Ing. Claudia Kandzia  
Heinz Trox Stiftung**



## Liebe Leserinnen und Leser,



**Christine  
Roßkothen**

wir freuen uns, dass wir diese Ausgabe des BLV-Infomagazins unterstützen können. Ihre Lehr- und Lernorte liegen uns am Herzen! Ein gesunder Arbeitsplatz Schule ist zentral für Sie als Lehrkräfte, aber er trägt elementar auch zum Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bei.

Als gemeinnützige Stiftung widmen wir uns neben vielen karitativen Projekten vor allem unserem Fokusthema Innenraumqualität in unterschiedlichen Umgebungen – und das ganz besonders in Schulen. Einerseits forscht unsere gemeinnützige Heinz Trox Wissenschafts gGmbH in enger Kooperation mit der RWTH Aachen zum Thema und stellt die Ergebnisse ihrer Studien öffentlich zur Verfügung. Andererseits fördern wir (Fach-)Hochschulen in ganz Deutschland bei der Forschung zu unterschiedlichen Grundlagen- und Anwendungsfragen. Die Lösungen reichen von No-Tech bis High-Tech und sind oftmals überraschend einfach.

Damit solche Lösungen wirklich in den Schulen ankommen, haben wir kürzlich mit einem wissenschaftlichen Autorenteam den Leitfaden „Klassenräume SMART sanieren“ herausgegeben. Uns ist bewusst, dass der bundesweite Investitionsrückstand nur mit pragmatischen Lösungen angegangen werden kann. Wir hoffen, dass die Publikation Planern und Entscheidern dabei als Orientierungshilfe dienen kann und hilft, schnell ins Handeln zu kommen. Im Leitfaden sind die wichtigsten Eckpunkte und Praxiswissen rund um das Thema Innenraumqualität und Sanieren

im Bestand zusammengestellt. Der Hauptteil widmet sich praktischen Sanierungslösungen für Klassenräume. In einem Fachbeitrag in diesem Heft stellt Tobias Burgholz einige Inhalte des Leitfadens vor.

Unser nächstes großes Projekt: Mit internationalen Forscherinnen und Forschern starten wir eine Initiative, um Raumqualität schnell und einfach messbar zu machen und zu visualisieren. Denn Luft, Licht, Akustik und Raumklima wirken sich nicht nur auf Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen in Innenräumen aus – sie beeinflussen auch, wie gut wir lernen und arbeiten können. Aufbauend auf den Arbeiten eines Forscherteams der Dänischen Technischen Universität möchten wir diesen praxistauglichen Ansatz auch in Deutschland verfügbar machen.



**HEINZ TROX  
STIFTUNG**

Empfehlen möchten wir Ihnen auch unser Wissensportal „Gute Luft in Schulen“. Dort finden Sie unter anderem auch den Leitfaden zum Download. In Zukunft werden wir im Wissensportal vermehrt Good-Practice-Beispiele vorstellen. Vielleicht haben auch Sie hilfreiche Tipps für Kolleginnen und Kollegen? Wir laden Sie sehr herzlich ein, sich mit uns zu vernetzen.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Lektüre des BLV-Infomagazins und freuen uns, mit Ihnen ins Gespräch zu kommen!

**Christine Roßkothen**  
Stiftungsvorstand Heinz Trox-Stiftung



## Liebe Leserinnen und Leser,



**Thomas  
Speck**

seit dem Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert wurden von einer kritischen Öffentlichkeit im Zusammenhang mit der „Sozialen Frage“ neben den damaligen Hungerlöhnen auch die miserablen Arbeits- und Lebensbedingungen in den Fokus gerückt, die zu schweren, oft tödlichen Unfällen und Krankheiten führten.

Wenn sich auch die soziale Lage, Arbeitsbedingungen und Lebensumstände inzwischen total verändert haben, so bleiben Arbeits- und Gesundheitsschutz auch in der heutigen Dienstleistungsgesellschaft immer noch ein Thema. Dies gilt auch für den Bildungsbereich.

### Die Bedeutung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes

Der heutige Arbeits- und Gesundheitsschutz, der auch rechtlich in vielfältiger Weise verankert ist, zielt im engeren Sinne zunächst auf den Erhalt von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit, indem Vorkehrungen gegen Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten getroffen werden. Doch geht ein fortschrittlicher Arbeitsschutz-Ansatz deutlich über diesen reinen Sicherheitsaspekt hinaus: Er hat auch die langfristige Erhaltung der Gesundheit und des Wohlbefindens bei der Arbeit im Blick. Davon sollen aber nicht nur die Lehrkräfte profitieren, sondern auch die Schülerschaft, letztlich geht es um die äußeren Bedingungen, die den Lernerfolg gewährleisten. Der Arbeits- und Gesundheitsschutz an den Schulen dient also nicht nur den Partikularinteressen der Lehrerschaft, sondern der Bildung insgesamt und damit der Vorbereitung künftiger Generationen auf Leben und Beruf.

Hier ist zunächst der Staat in seinen vielfachen Funktionen als Dienstherr, Gesetz-, Vorschriften- und Erlassgeber, als Schulleitung, Schulaufsichtsbehörde und nicht zuletzt als Schulträger verantwortlich. Die Durchsetzung und Weiterentwicklung der erforderlichen Maßnahmen können aber nicht dem Staat allein überlassen werden, hier braucht es zur Kontrolle und Unterstützung die Mitarbeit der Betroffenen, unter anderem der Berufsverbände, in denen die Lehrkräfte organisiert sind.

Der Berufsschullehrerverband Baden-Württemberg e. V. (BLV) vertritt definitionsgemäß zunächst die Interessen seiner gut 10.000 Mitglieder und der Berufsschullehrer insgesamt auf vielfältigen Ebenen sowie auf verschiedene Art und Weise. Er informiert seine Mitglieder und die Kollegen, wendet sich über verschiedene Medien an eine breite Öffentlichkeit, pflegt Kontakte zum Ministerium und anderen Behörden, wirkt in der Personalratsarbeit auf Schul-, Bezirks- und Landesebene.

### Lernförderliche Unterrichtsräume

Die Beiträge in dem vorliegenden Heft sind ein Sonderdruck aus dem BLV Infomagazin „Arbeits- und Gesundheitsschutz für Schulen“ vom Februar 2024, das vom Referat „Arbeits- und Gesundheitsschutz“ in Kooperation mit verschiedenen externen Fachleuten erstellt wurde. Es ist in aller Munde, dass es in Deutschland viele verrottete Schulbauten gibt, die dringend saniert werden müssen, so wird vom KfW-Kommunalpanel der derzeitige Investitionsstau auf über 50 Milliarden Euro geschätzt. Selbst wenn jetzt ein entsprechendes Bauprogramm aufgelegt würde, wäre das Problem nur zum Teil gelöst: Sowohl viele sanierte Schulen als auch Neubauten genügen in mehrfacher Hinsicht nicht den Anforderungen für einen guten Unterricht oder ein qualifiziertes Lernen. Oft werden von Schulträgern und Architekten die vorhandenen Normen und Vorschriften nicht eingehalten, so dass der Unterricht auch in Neubauten beispielsweise unter schlechter Akustik oder schlechtem Raumklima leidet. Teilweise müssen auch neue Maßnahmen entwickelt bzw. ins Bewusstsein der Planer gebracht werden. Wie würden Schulen aussehen, wenn wir sie von Grund auf neu denken und konstruieren könnten? Sind wir bereit neue Ansätze zu wagen, auf deren Grundlage Schule als Begegnungs- und Lebensort gestaltet wird, wo Kinder und Jugendliche nicht nur untergebracht, sondern sich in einem offenen Entwicklungsraum entfalten können? Ideen, Anregungen finden Sie genauso wie basale Notwendigkeiten und konstruktive Vorschläge in diesem Sonderheft. Bei Interesse stehen unsere Expertinnen und Experten für Fachvorträge und Austausch zur Verfügung.

Diese Broschüre hätte nicht ohne die Unterstützung des Fachverbandes Gebäudeklima e. V. und der gemeinnützigen Heinz-Trox-Stiftung erscheinen können. Ich bedanke mich sehr herzlich bei unseren BLV-Experten, die mit großem Engagement und Sachverstand Konzepte für zukunftsfähige Schulen und lernförderliche Unterrichtsräume entwickeln. Ein großer Dank geht auch an unsere weiteren externen Partner und Expertinnen, die mit dem Verfassen eigener Beiträge und mit Rat und Tat das Gelingen dieses Heftes erst ermöglicht und unterstützt haben.

**Thomas Speck**  
BLV-Vorsitzender



## Liebe Leserinnen und Leser,

Der Berufsschullehrerverband Baden-Württemberg e. V (BLV) gibt seit 20 Jahren in unregelmäßigen Abständen Info-Magazine zum Thema Arbeits- und Gesundheitsschutz an Schulen heraus, das letzte erschien Anfang dieses Jahres. Die vorliegende Broschüre ist ein Auszug daraus, die sich ausschließlich mit lernförderlichen Schulbauten beschäftigt. Der Anstoß zu dieser Thematik erfolgte nicht zuletzt im Zusammenhang mit der Corona-Krise, als vor allem in der kalten Jahreszeit die Anwesenden die Fenster möglichst geschlossen halten wollten, um nicht zu frieren, andererseits aber dauernd gelüftet werden sollte, um durch Luftwechsel Covid-Infektionen zu vermeiden. Aus diesem Dilemma entwickelte sich eine Diskussion über die Raumluftqualität und andere wichtige Raumparameter und ihren Einfluss auf das Unterrichtsgeschehen überhaupt.

Im November 2022 wurde bei einer Klausurtagung des Referats Arbeits- und Gesundheitsschutz in Donaueschingen deutlich, dass eine neue Ausgabe des Magazins erforderlich war, zumal die aktuelle Ausgabe praktisch vergriffen war. So wurde ein Redaktionsteam gebildet, dem Manfred Franz, Dr. Peter Hahne, Matthias Link, Julia Nordmann, Dr. Michael Raub sowie Thomas Waldhecker angehörten. Die Arbeit begann dann im Frühjahr 2023.

Ausgehend von der Erfahrung, dass bei zu wenig Lüftung in Klassenzimmern alle Anwesenden leiden, stießen wir bei unseren Recherchen auf den etwas sperrigen Begriff der „Lernförderlichkeit“, der ursprünglich aus der Software-Ergonomie stammt und sich auf die Benutzerfreundlichkeit eines EDV-Programms oder einer kompliziert aufgebauten Website bezieht. Dementsprechend heißt es nach der Norm ISO 9241:10: „Ein Dialog [zwischen Mensch und System] ist lernförderlich, wenn er den Benutzer beim Erlernen des Dialogsystems unterstützt und anleitet.“

Der Begriff wird inzwischen auf die gesamte Arbeitswelt angewendet, zugrunde liegt die Erkenntnis, dass Arbeitsabläufe in der Zukunft immer weniger schematisch und eintönig ablaufen, sondern Menschen erfordern, die ständig dazulernen und ihre Kompetenzen erweitern. Lernförderliche Arbeitsgestaltung und -organisation sollen solche Prozesse begünstigen und fördern.



**Matthias  
Link**



**Dr. Michael  
Raub**

Im schulischen Bereich bezeichnet Lernförderlichkeit eben alles, was Lehren und Lernen optimal fördert und die Gesundheit aller Beteiligten schont. Lernförderlichkeit bezieht sich auf die möglichen Unterrichtsinhalte, die Lehrmethoden, die Schüler-Lehrer-Interaktionsformen, die Art der Leistungskontrolle und -bewertung sowie anderes mehr.

Da für unser Referat „Arbeits- und Gesundheitsschutz“ der Ausgangspunkt die miserablen und gesundheitsgefährdenden äußeren Unterrichtsbedingungen, die während der Corona-Pandemie deutlich wurden, war es unser Anliegen, in dem neuen Magazin der Frage nachzugehen, wie schulische Räume von ihrer Gestaltung und Ausstattung beschaffen sein müssen, um lernförderlich zu sein. Ein Themenblock des neuen Infoheftes, das im Frühjahr 2024 erschien, erhielt daher die Überschrift „Lernförderliche Schulenn“, er ist in dieser Broschüre abgedruckt.

Zu diesem Themenkreis wurden in den vergangenen beiden Jahren auch drei online-Infoveranstaltungen durchgeführt, die bundesweit auf reges Interesse gestoßen sind. Auf der DIDACTA in Köln 2024 führten wir eine Präsenz-Veranstaltung durch.

Die zentrale Frage bei lernförderlichen Schulen lautet: Wie lassen sich die Schulen von baulichen Maßnahmen, der Ausstattung und der Einrichtung her so gestalten, dass das Lehren und Lernen optimal gefördert wird? Diese Fragen haben vor allem durch die Corona-Epidemie neue Bedeutung gewonnen. Im Mittelpunkt der verschiedenen Artikel stehen ergonomische Themen: Das Sich-Wohlfühlen, die Luftqualität, das Raumklima, das Schulmobiliar, der Schall und die Raumakustik, die Vermeidung von Elektrounfällen und nicht zuletzt die in ihrer Wirkung auf die menschliche Psyche oft unterschätzte Farbgestaltung und Beleuchtungssituation. Dazu werden in diesem Heft innovative Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt.

**Matthias Link**  
Referatsleiter Arbeits- und Gesundheitsschutz

**Dr. Michael Raub**  
Lektorat Arbeits- und Gesundheitsschutz

## Normen und Vorschriften im Bildungswesen



**Thomas  
Waldhecker**

### Raumklima-Luftqualität:

**VDI 6040 Blatt 2** Raumlufttechnik - Schulen – Ausführungshinweise (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien)

**AMEV-Nr. 166** RLT-Anlagen, für kommunale und staatliche Gebäude

**ASR A3.5 + A3.6** Raumtemperatur + Lüftung Technische Regel für Arbeitsstätten

**DIN EN 16798-3:2017-11** Lüftung von Nichtwohngebäuden

### Beleuchtung:

**DIN EN 12464-1:2021-11** Beleuchtung von Arbeitsstätten

**ASR A3.4** Beleuchtung und Sichtverbindung

### Raumakustik:

**ASR A3.7** Lärm Technische Regel für Arbeitsstätten

**DIN 18041** Hörsamkeit in Räumen

### Farbgestaltung:

**DGUV Information 202-090** Klasse(n) – Räume für Schulen

Weitere Hinweise im Institut für Farbpsychologie der Bergischen Universität Wuppertal, Prof. Dr. Axel Buether

### Möblierung:

**DIN EN 1729-1:2016-02** Möbel - Stühle und Tische für Bildungseinrichtungen

### Gewerke übergreifende Informationen:

**DGUV Regel 102-601** Branche Schule, Deutsche gesetzliche Unfallversicherung



## Müssen Normen und Vorschriften im Bildungswesen eingehalten werden?

Die Anwendung von DIN-Normen ist grundsätzlich freiwillig. Erst wenn Normen zum Inhalt von Verträgen werden oder wenn der Gesetzgeber ihre Einhaltung zwingend vorschreibt, werden Normen bindend. Zwar stellen sie im Fall einer möglichen Haftung keinen Freibrief dar. Aber wer DIN-Normen – als anerkannte Regeln der Technik – anwendet, kann ein korrektes Verhalten einfacher nachweisen.<sup>1</sup>

Der Unternehmer hat im Hinblick auf die Sicherheit der Schülerinnen und Schüler dafür zu sorgen, dass alle baulichen Anlagen und Einrichtungen der Schule nach den Bestimmungen der staatlichen Vorschriften und dem Regelwerk der Unfallversicherungsträger errichtet, beschafft und in Stand gehalten werden. Erteilt der Unternehmer den Auftrag, bauliche Anlagen und Einrichtungen von Schulen zu planen, herzustellen oder zu ändern, hat er dem Auftragnehmer schriftlich aufzugeben, die geltenden Bestimmungen zu beachten und einzuhalten.<sup>2</sup>

In zahlreichen Publikationen der DGUV (Deutsche gesetzliche Unfallversicherung), der Unfallkassen der Länder und dem Sekretariat der Kultusministerkonferenz (Arbeitshilfen zum Schulbau) wird auf die im Infokasten genannten „Normen und Vorschriften im Bildungswesen“ hingewiesen.

<sup>1</sup> [www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/normen-und-recht/rechtsverbindlichkeit-durch-normen](http://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/normen-und-recht/rechtsverbindlichkeit-durch-normen)

<sup>2</sup> Sicherheit u. Gesundheit in Schulen - eine Planungshilfe. Kommunale Unfallversicherung Bayern. August 2024

## Ergonomische Schulräume Optimale Bedingungen für das Lehren und Lernen



Thomas  
Waldhecker



Matthias  
Link

Die Schülerinnen und Schüler wie auch die Lehrkräfte verbringen einen wesentlichen Teil ihrer Unterrichts- und Arbeitszeit in der Schule. Das Schulgelände, das Schulgebäude und ganz speziell die Unterrichtsräume sind wichtige Orte des Lebens und des Lernens. Sie beeinflussen das Lernumfeld und damit die Lernbedingungen ganz wesentlich und gelten neben den Mitschülern und den Lehrkräften als „dritter Pädagoge“ (Walden & Borrelbach, 2002). Die Raumverhältnisse wirken sich nicht nur auf das Wohlbefinden, sondern auch auf das Verhalten und die Leistungsfähigkeit der Anwesenden aus (Schaarschmidt, 2004).

### Rückblick Corona-Pandemie

Die immer schon bestehenden ergonomischen Mängel in den Schulen traten während der Pandemie auf einmal drastisch zutage.

Die Unterrichtsräume konnten nicht nur während der zurückliegenden Pandemie ihrer Funktion als dritter Pädagoge oft nicht gerecht werden. Sie durften zeitweise während der Schulschließung nicht betreten werden.

Nachdem dies wieder möglich war, trugen die Schüler wie Lehrkräfte Jacken und Schals, um während des Winters die regelmäßige Fensterlüftung zu ermöglichen. Nicht nur die niedrigen Temperaturen wirkten sich negativ auf das Lehren und Lernen aus. So wachte fast in jeder Klasse wachte ein „Lüftungsbeauftragter“ darüber, dass die Zeitintervalle eingehalten wurden, was dann jedes Mal zur Unterbrechung des Unterrichts führte. Je nach Lage der Schule war bei geöffneten Fenstern aufgrund von Außenlärm der Unterricht nur sehr eingeschränkt möglich.

Für alle, die aufgrund von (Vor-)Erkrankungen nicht in Präsenz teilnehmen konnten, war die An- und Einbindung in den Unterricht oft nur sehr begrenzt, manchmal auch überhaupt nicht möglich. Weder waren alle Klassenräume noch die Wohnungen an das Internet angebunden. Die flächendeckende Ausstattung mit hybridfähigen Endgeräten wie Kamera, Beamer, Mikrofon, Lautsprecher usw. ließ meist ebenfalls sehr zu wünschen übrig. Das aus hygienischen Gründen notwendige häufige Händewaschen mit warmem Wasser war in vielen Schulen oft unmöglich. Sehr häufig stand in den WCs nur kaltes Wasser zur Verfügung, in den Klassenräumen gab und gibt es oft überhaupt keine Waschbecken mehr. Nicht selten hatte man sie wegen neu aufgestellter Whiteboards für unnötig gehalten und abgebaut.

### Ergonomisch gestaltete Schulen als lernförderliche räumliche Umgebung

Was Lehrkräfte, Bildungsforscher und die meisten am Schulleben Beteiligten schon lange wissen, hat die Corona-Pandemie noch einmal deutlich ins Blickfeld gerückt:

Schülerinnen und Schüler leiden ebenso wie die Lehrkräfte ganzjährig unter zum Teil gravierenden baulichen und weiteren Mängeln etwa an der Ausstattung. Wir stellen leider immer wieder fest, dass selbst neu errichtete oder auch sanierte Schulen nicht optimal lernförderlich gebaut und ausgestattet sind. Dies hat negative gesundheitliche Auswirkungen auf Gesundheit, Konzentrationsvermögen und die Leistungsfähigkeit der in der Schule Anwesenden und damit auch auf die Lernleistungen.

Die Ergonomie (von gr. ergon: Arbeit und nomos: Gesetz) versteht sich als Wissenschaft von der Anpassung der Arbeit – genauer: Der Adaption der Arbeitsmittel, der Arbeitsorganisation sowie der Arbeitsumgebung an den Menschen<sup>1</sup>. Es geht also

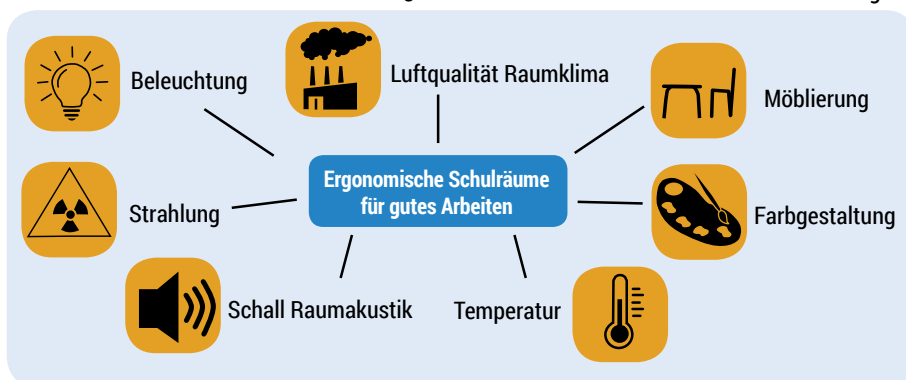
um mehr als etwa körpergerechte PC-Arbeitsplätze, wie es oft in der Alltagssprache verstanden wird, wenn diese natürlich auch darunterfallen.

Ergonomie beschäftigt sich neben direkten physischen Belastungen auch Umgebungsfaktoren wie Klima, Luft, Licht, Farbgestaltung, Strahlung, Lärm, Akustik, Vibrationen und anderes mehr.

Diese Einflüsse werden nicht immer bewusst wahrgenommen und können vom menschlichen Organismus teil- und zeitweise ausgeblendet werden. Sie wirken nicht nur somatisch, sondern auch psychisch, was zu erheblichen Beeinträchtigungen führen kann.

In den folgenden Artikeln über verschiedene Aspekte lernförderlicher Schulen sollen diese allgemeinen Grundsätze der Ergonomie auf den spezifischen Arbeits- und Lebensbereich Schule übertragen werden.

Deutschlandweit soll die marode Infrastruktur modernisiert werden, dazu gehören u. a. Verwaltungen, Schienen- Straßen- und Datennetze, Gesundheitswesen, Brücken, Wasser- und Abwassersysteme – nicht zuletzt aber auch die Schulen.



<sup>1)</sup> Vgl. etwa die Website der DGUV



## Die Sicht des Landesschülerbeirats (LSBR)

# Schule als Lebensraum – wie Unterrichtsräume lernförderlich gestaltet werden können



**Jette Wagler**  
Pressesprecherin



**Berat Gürbüz**  
Vorsitzender

Die Schule nimmt seit geraumer Zeit immer mehr Platz im Leben der Schülerschaft ein, sodass die Schule, wie wir sie heute kennen, den zentralen Lebensmittelpunkt für die rund 1,5 Millionen baden-württembergischen Schüler/-innen darstellt. Die Vollzeitschulpflicht beträgt in Deutschland neun Jahre. In Einzelfällen kann eine Schülerin jedoch mehr als 13 Jahre im Schulsystem verweilen. Da die Zeit vom 6. bis zum 18. Lebensjahr maßgeblich zur persönlichen Entwicklung beiträgt, ist es von essenzieller Bedeutung, dass jede Schülerin und jeder Schüler (SuS) in ihrer oder seiner individuellen Entfaltung ausreichend unterstützt wird. Nicht zuletzt ist es ebenfalls von enormer Relevanz, dass sich jeder unabhängig von Herkunft oder gesellschaftlicher Schicht in seiner Schule auch wirklich wohlfühlen kann. Unterrichtsräume sind lernfördernd, wenn sie moderne Formen des Lernens unterstützen und ermöglichen.

## Was genau ist modernes Lernen?

Modernes Lernen passt sich den Bedürfnissen und Herausforderungen der modernen Gesellschaft an. Es geht darum, die SuS auf die Anforderungen der heutigen Welt vorzubereiten, in der Technologie, globale Vernetzung und kulturelle Vielfalt eine immer größere Rolle spielen. Es bedeutet auch, dass Lernende nicht mehr auf traditionelle Lehrmethoden und Schulbücher beschränkt sind, sondern Zugang zu einer Vielzahl von Online-Ressourcen und anderen digitalen Lernmaterialien haben. Ein modernes Klassenzimmer muss also mehr leisten können als das stereotypische „klassische“ Klassenzimmer. Weg von einem Raum mit der Kreidetafel und den dreißig Tischen und Holzstühlen hin zu einem Ort, an dem man sich wohlfühlt, flexibel in der Raumaufteilung sein kann und über die aktuellen Standards der Technik verfügt. Der bekannte Tageslichtprojektor ist immer noch fester Bestandteil einiger Schulen. Ein schneller und gut funktionierender Internetzugang, um das Potential digitaler Endgeräte vollends ausschöpfen zu können, bleibt unterdessen häufig in imaginärer Ferne. Dies sind nur einzelne Beispiele vieler rückschrittlicher Mängel an den Schulen. Deshalb muss diese überholte oder gänzlich fehlende Ausstattung innerhalb und außerhalb der Klassenzimmer zielorientiert und mit Bedacht ausgebaut werden. Denn es ist ein fundamentales Armutszeugnis, dass ein wirtschaftlich so hoch entwickeltes Bundesland wie Baden-Württemberg immer noch nicht über eine suffiziente digitale Ausstattung in den Schulen verfügt.

## Je nach Altersgruppe muss ein Unterrichtsraum verschiedene leisten können

Insbesondere für Grundschüler ist es wichtig, dass das Klassenzimmer kindgerecht eingerichtet ist. Hierzu gehören beispielsweise helle, freundliche Farben an den Wänden und kindgerechte Möbel, die auf die Größe und Bedürfnisse der jungen SuS abgestimmt sind. Auch sollte das Klassenzimmer ausreichend Platz bieten, damit die Kinder sich frei bewegen können. Auch hier sollte bereits eine grundlegende technische Ausstattung vorhanden sein, dass viele Grundschulen noch überhaupt nicht an das Internet angeschlossen sind, sodass nicht mal

das Lehrpersonal über W-LAN verfügt, lässt sich fast schon als unverantwortlich betiteln. Im Hinblick auf die älteren SuS rücken meistens andere Aspekte mehr in den Vordergrund. Die technische Ausstattung gewinnt einen immer größeren Stellenwert bei der Schülerschaft. Moderne Schulen brauchen einen verlässlichen und sicheren WLAN-Zugang – auch für die SuS. Die Nutzung digitaler Endgeräte wird an vielen Schulen zugelassen und lobenswerterweise sogar gefördert. Dementsprechend müssen die Klassenzimmer mit ausreichend Steckdosen ausgestattet sein. Ein weiterer wichtiger Faktor für lernförderliche Klassenzimmer sind renovierte und moderne Räumlichkeiten. In vielen Schulen sind die Klassenzimmer oft in die Jahre gekommen und weisen eine veraltete Ausstattung auf. Renovierte Klassenzimmer bieten hingegen ein modernes und einladendes Ambiente, das die Lernmotivation und -leistung der SuS erhöhen kann. Ein kleines, kaltes Klassenzimmer mit summenden Leuchtröhren und wackeligen Tischen muss endlich der Vergangenheit angehören. Im Jahr 2023 ist es außerdem unabdingbar, dass die allseits bekannten Tageslichtprojektoren so schnell wie möglich aus den Schulen verschwinden. Beamer, Smartboards oder vergleichbare Endgeräte können dabei helfen, den Unterricht ab-

lungsreicher und moderner zu gestalten. Sie können visuell zu unterstützen und den Schülerinnen und Schülern eine interaktive Teilnahme am Unterrichtsgeschehen ermöglichen. Auch die grüne Kreidetafel muss flächendeckend durch Whiteboards ersetzt werden.

Zur veralteten Ausstattung gehört auch die in die Jahre gekommene Möblierung. Ebenfalls ein wichtiger Faktor, der zum schulischen Wohlbefinden beitragen kann. Als Beispiel voran die typischen Schränke oder Schreibtisch-Rollwägen, zu denen es keine Schlüssel mehr existieren. Flexibel einsetzbare Möbel sind wichtig für lernförderliche Klassenzimmer und können einen großen Einfluss auf die Lernmotivation und -leistung der Schülerinnen und Schüler haben. Die starren Schultische und Stühle der Vergangenheit hatten oft einheitliche Größen und Formen, die nicht auf die individuellen Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler abgestimmt waren und die heute kaum für moderne Unterrichtskonzepte geeignet sind. Das führte häufig zu unangenehmen Sitzpositionen, Verspannungen und Konzentrationsschwierigkeiten. Moderne, flexibel nutzbare Möbel können individuell angepasst werden und bieten den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, ihre Sitzpositionen und Arbeitsumgebungen zu variieren und somit produktiver zu sein. Flexibel einsetzbare Möbel bieten auch die Möglichkeit, den Raum für verschiedene Unterrichtsformen und Aktivitäten zu nutzen. So können die Schülerinnen und Schüler beispielsweise für Gruppenarbeit in Kleingruppen zusammenarbeiten oder für Frontalunterricht in einer Reihe sitzen. Durch verschiedenste Möglichkeiten der Tischkonstellation lassen sich so neue Unterrichtsmethoden verwirklichen. Diese Anpassungsmöglichkeiten fördern die Flexibilität und Kreativität der Schülerinnen und Schüler. Der LSBR ist davon überzeugt, dass die angeführten Aspekte wesentlich dazu beitragen würden zu gewährleisten, dass die unterschiedlichsten Persönlichkeiten, die in der Schule zusammentreffen, sich wohlfühlen und die Schule ein wahrhaft bunter Ort zur freien und individuellen Entfaltung wird.



## Neue Bau- und Einrichtungsleitlinien für Unterrichtsräume



**Matthias  
Link**

Die Bauministerkonferenz ist die Arbeitsgemeinschaft der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der 16 Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland. Sie erlässt für alle relevanten Bereiche Muster-Bau-Richtlinien. Diese dienen als Grundlage für die Baugesetze der Bundesländer. Die Muster-Richtlinie über bauaufsichtliche Anforderungen an Schulen (MSchulbauR) wurde zuletzt im April 2009 aktualisiert.

Sie wurde gegenüber der Fassung vom 1976 erheblich gestrafft und gekürzt. Beispielsweise sind alle Regelungen über die Größe der Unterrichtsräume entfallen. Um landesweit einheitliche und detaillierte Vorgaben für Schulen und speziell für Unterrichtsräume zu ermöglichen, wurde 2012 vom Kultusministerium Baden-Württemberg eine Kommission beauftragt, „die fachlichen Grundlagen für die Überarbeitung der Schulbaurichtlinien des Landes Baden-Württemberg zur Verfügung zu stellen“.

Diese erarbeitete auf 103 Seiten eine Empfehlung für den zeitgemäßen Schulhausbau, die nun als Grundlage für eine Überarbeitung der Schulbauförderrichtlinien dient. Einfach ausgedrückt lässt sich festhalten, dass die Schulträger Fördermittel vom Land erhalten, wenn sie beim Bau, beim Umbau und beim Renovieren

von Schulgebäuden diese Empfehlungen einhalten. So sollen die beabsichtigten Veränderungen, wie sie für alle Schulformen vorgesehen sind, auch umgesetzt werden können. Die alten Klassenzimmer mit Kreidetafel müssen daher in lernförderliche Unterrichtsräume umgewandelt werden.

### Sie müssen so gestaltet sein, dass sie:

- alle Sinne der Schülerinnen und Schüler ansprechen
- ergonomisch ausgestattet sind
- individuelle Förderungen unterschiedlicher Lernbiografien ermöglichen
- die Eigenaktivität der Lernenden unterstützen
- unterschiedliche Lernformen erlauben
- methodisch variantenreichen Unterricht ermöglichen
- für mögliche Pandemien gerüstet sind
- ein gemeinsamer Begegnungs- und Kommunikationsort sind
- das Zusammenleben der Schulgemeinde fördern

Dadurch steigt der Flächenbedarf, siehe Anlage 8 „Schema zur Ermittlung des Flächenbedarfs für berufliche Schulen in Baden-Württemberg“.



*Empfehlungen für einen zeitgemäßen Schulhausbau in BW*



*Schema zur Ermittlung des Flächenbedarfs für berufliche Schulen in Baden-Württemberg*



■ *Beispiel für ein modernes Klassenzimmer*

## Besser Lernen in neuen Räumen Bedingungen des Wohlfühlens



**Helmut  
Kausler**

Senior Workplace  
Consultant bei  
Steelcase

Schulräume begleiten Schülerinnen und Schüler aber auch Lehrkräfte über viele Jahre als die zentralen Orte, an denen Unterricht und Lernen stattfindet. Zudem fungieren sie oftmals auch als Arbeitsort für die Lehrerinnen und Lehrer bei der Vorbereitung oder etwa für Schüler- oder Elterngespräche.

Schulräume sind Räume deren Architektur sich primär an funktionalen Aspekten der Unterstützung von Lernprozessen orientiert sind, andererseits sind sie pragmatischen, ökonomischen, technischen oder regional-ökologischen Kriterien unterworfen. „In der Ideengeschichte zu Erziehung und Bildung wurde der pädagogische Raum sehr different als Insel, Schiff, Kloster, Nest, Werkstatt oder Höhle entworfen.“<sup>1)</sup> Schulräume sind also meist vom Alltag getrennte Orte, losgelöst von äußeren, als störend empfundenen Einflüssen fokussiert auf die Interaktion der Lehrenden und Lernenden, die Vermittlung von Kenntnissen und Fertigkeiten. Gebaut sind diese Schulen aber von und für Menschen, deren Entwicklung zu fördern zentral ist. Wie gut aber unterstützen die Gebäude, die Räume und deren Einrichtung die darin handelnden Menschen? Wie gut schaffen die Räume eine positive Atmosphäre, die dem Lernerfolg förderlich ist? Können sich Lernende und Lehrende darin wohl fühlen und wenn nicht, was können wir ändern, damit Wohlbefinden erreicht wird?

„Wohlbefinden war bereits ein großes Thema in der Bildung, als wir mit unserer Arbeit begannen. Die COVID-Pandemie hat es zu einer Krise gemacht“, berichtet Aileen Strickland, Senior Design Researcher bei Steelcase.

Die Dringlichkeit, das Wohlbefinden in der Bildung zu verbessern, hat zugenommen. Denn das Wohlbefinden von Schülern und Pädagogen ist nicht nur deren persönliches Problem. Es ist auch systemisch und eng mit der Kultur der Schule sowie mit der der Familien und der größeren Gemeinschaft verbunden.



### ■ Schule menschlicher machen

All dies ist mit hohen Kosten verbunden, die sich direkt auf das Endergebnis einer Schule auswirken. Das mangelnde Wohlbefinden der Studierenden hängt beispielsweise mit niedrigen Leistungs-, Verbleibs- und Abschlussquoten zusammen, die sich direkt auf die Finanzierung auswirken. In der Zwischenzeit führt Burnout von Lehrkräften zu Fehlzeiten, erhöhten Gesundheitskosten und hohen Fluktuationsraten. Unter dem

Strich hat das Wohlbefinden einen tiefgreifenden Einfluss auf die Effektivität von Schülern und Lehrern.

Auch die Wirkung und der Wert physischer Räume in der Bildung werden aktuell neu bewertet. Wie können Lernumgebungen eine aktivere Rolle bei der erfolgreichen Förderung des Wohlbefindens spielen?

### Sechs Dimensionen des Wohlbefindens

Beim Stichwort Wohlbefinden denken die meisten zuerst an emotionale Aspekte, z.B. daran, ob man sich gut fühlt oder gestresst und besorgt ist. Untersuchungen von Steelcase zeigen aber, dass fürs Wohlbefinden physische, kognitive und emotionale Facetten zusammenspielen, die jede für sich wichtig sind und dennoch alle miteinander zusammenhängen.

Umfangreiche Untersuchungen von Steelcase haben sechs Säulen des Wohlbefindens identifiziert, die für den Menschen universell gelten: Bedeutsamkeit, Zugehörigkeit, Authentizität, Achtsamkeit, Optimismus und Vitalität. Die bewusste Anwendung dieser sechs Aspekte im Bildungsbereich hat gezeigt, dass diese Dimensionen für Lernende und Lehrende die Basis und gleichzeitig die Formel für mehr Wohlbefinden sind.



### ■ Design für einen Neubeginn

Die sechs Dimensionen zeigen zudem auch, wie wichtig es ist, das Wohlbefinden im Bildungswesen ganzheitlich zu betrachten. Allgemein kann das Wohlbefinden über zwei Arten von Bereichen beeinflusst werden: zweckbestimmte und eingebettete Bereiche. Zweckbestimmte Bereiche sind Räume oder ganze Stockwerke, die bewusst gestaltet wurden, um das Wohlbefinden zu steigern – wie zum Beispiel Fitness Center, Achtsamkeitsbereiche oder Beratungsräume. Eingebettete Bereiche, die das Wohlbefinden steigern, können in jeder bestehenden Umgebung im gesamten Gebäude integriert werden. Ein eingebetteter Bereich unterstützt das Wohlbefinden und erfüllt gleichzeitig seine ursprüngliche Funktion. Beispiele hierfür sind Unterrichtsräume, Gemeinschaftsbereiche zum Lernen, Bibliotheken, Cafés, Studenten-Verbände oder Mitarbeiterbereiche. Sie lassen sich zum Beispiel integrieren, indem kleinere Zonen innerhalb eines Bereichs bewusst abgeschirmt werden. So kann der Bereich einerseits seiner Hauptfunktion dienen und dennoch das Wohlbefinden von Unterrichtenden und Lernenden positiv beeinflussen.

<sup>1)</sup> Böhme, Jeanette; Flasche, Viktoria; Herrmann, Ina: Die Territorialisierung des (Schul-)Pädagogischen im urbanen Wandel. Ein Forschungsbeitrag aus der Pädagogischen Morphologie - In: Zeitschrift für Pädagogik 62 (2016) 1, S. 62-78

## So können die sechs Dimensionen die Umgebungen in Bildungseinrichtungen positiv beeinflussen und das Wohlbefinden steigern:

- 1) **Bedeutsamkeit** – Einen tieferen Sinn erkennen – beginnt in einem Selbst und erstreckt sich auf das große Ganze.  
**Warum dies so wichtig ist:** Ein tieferer Sinn führt dazu, dass man mehr Dankbarkeit empfindet, selbstbewusster und optimistischer ist und gesunde Verhaltensweisen an den Tag legt.  
**Wie die Lernumgebung dazu beitragen kann:**
  - Gestaltungsmöglichkeiten für den Einzelnen und Gruppen schaffen  
 Zum Beispiel: Den Lernenden ermöglichen, die Elemente ihrer Umgebung frei zu konfigurieren
  - Inspiration bieten, z. B. biophile Verbindungen zur Natur in die Umgebung integrieren; virtuelle Verbindungen von Mensch und Raum weltweit ermöglichen
- 2) **Zugehörigkeit** – Teil einer Gruppe sein, akzeptiert und wertgeschätzt werden, so wie man ist.  
**Warum dies so wichtig ist:** Das Zugehörigkeitsgefühl führt zu mehr Freude, Interesse, Selbstbewusstsein, Enthusiasmus und besserer Gesundheit.  
**Wie die Lernumgebung dazu beitragen kann:**
  - Räume gestalten, die den Lernenden ermöglichen, wirklich gesehen und gehört zu werden  
 Zum Beispiel: Diskussionsräume in formellen sowie informellen Lernbereichen etablieren; Die Anzahl an Flächen zur Darstellung von Ideen und Arbeitsergebnissen erhöhen; Möglichkeiten zur Darstellung der studentischen Identität bieten
  - Ein Miteinander und Gemeinschaftsgefühl schaffen  
 Zum Beispiel: Schulmaskottchen, -logos und -farben verwenden; eine Auswahl an Umgebungen bieten, die zu spontanen Unterhaltungen anregen
  - Einladende und inklusive Umgebungen gestalten  
 Zum Beispiel: Die Natur in den Raum bringen mit biophilem Design, das Pflanzen, natürliches Licht und einen Ausblick ins Freie integriert; Die Beziehung zu bestimmten Orten, z. B. über die regionale Umwelt oder Historie, sichtbar herausstellen und würdigen; Inklusiv gestalten und zugängliche Umgebungen schaffen, die Diversität und Einzigartigkeit würdigen
- 3) **Authentizität** – Sein wahres Wesen erschaffen, entdecken, verstehen und ihm Ausdruck verleihen.  
**Warum dies so wichtig ist:** Ein gesundes Selbstwertgefühl bewirkt, dass man sich mehr darum bemüht, gute Ergebnisse zu erzielen und letztlich mehr Erfolg beim Lernen, aber auch im Privatleben hat. Negative Grundtendenzen können hingegen die Motivation untergraben und Lernerfolge verhindern.  
**Wie die Lernumgebung dazu beitragen kann:**
  - Auswahl bieten und Selbstbestimmtheit fördern  
 Zum Beispiel: Flexible, bewegliche Möbel anbieten; Eine Vielzahl an Settings schaffen für verschiedene Unterrichts- und Lernstile
  - Diversität und Selbstentfaltung anregen  
 Zum Beispiel: Einfachen Zugang zu einer Auswahl an Tools und Mitteln zur Selbstentfaltung bieten, wie z.B. mobile Whiteboards und Maker Spaces für praktische Tätigkeiten
  - Ein Gefühl der Sinnhaftigkeit fördern  
 Zum Beispiel: Möglichkeiten finden, Lernende und Lehrende zu würdigen
- 4) **Achtsamkeit** – Bewusstes Wahrnehmen der Gegenwart und Offenheit gegenüber uns selbst und der Welt, die uns umgibt.

**Warum dies so wichtig ist:** Achtsamkeit ist ein Wundermittel fürs Lernen und kann die Aufmerksamkeit, das Selbstbewusstsein und das Mitgefühl für einen selbst und andere sowie die Metakognition und komplexe kognitive Abläufe verbessern. Gleichzeitig werden Störfaktoren wie Stress, Angst, depressive Stimmungen, körperlicher Stress und die emotionale Reaktivität gemindert.

### Wie die Lernumgebung dazu beitragen kann:

- Eine Vielfalt an Sinneswahrnehmungen erschaffen  
 Zum Beispiel: Biophile Merkmale wie Naturmaterialien und -motive in die Umgebung integrieren; Auswahl und Kontrolle darüber bieten, wie und wo man sitzen möchte
  - Zuflucht und Erneuerung ermöglichen  
 Zum Beispiel: Räume bieten, die die Lernenden und Lehrenden aufsuchen können, um sich zu entspannen und neu zu fokussieren.
  - Diversität ausdrücken können  
 Zum Beispiel: Behagliche Bereiche für Unterhaltungen gestalten, in denen Unterrichtende und Lernende offen und in geschütztem Rahmen miteinander interagieren können; Eine Vielzahl an verschiedenen Perspektiven zu Sachverhalten und Ideen aufzeigen
- 5) **Optimismus** – Kultivieren einer positiven Denkweise, die auf Ausdauer, Hoffnung und Wachstum beruht.  
**Warum dies so wichtig ist:** So werden Zuversicht und Durchhaltevermögen gestärkt, was zu besseren akademischen Leistungen und positiven Entwicklungen im Privaten führt.  
**Wie die Lernumgebung dazu beitragen kann:**
    - Auffordern, Herausforderungen anzugehen und Einsatz zu zeigen  
 Zum Beispiel: Bereiche bieten, die unterschiedliche Lernmöglichkeiten für verschiedene Lerntypen bieten (z. B. Introvertierte und Extrovertierte, Menschen, die lange über Sachverhalte nachdenken oder umgekehrt sehr schnelle Schlussfolgerungen treffen etc.)
    - Lernprozesse sichtbar machen und würdigen  
 Zum Beispiel: Prozesse und Fortschritte auf Whiteboards sowie digitalen oder sonstigen Displays sichtbar machen; Transparenz in Lernumgebungen schaffen
  - 6) **Vitalität** – Gesund und aktiv sein – körperlich, geistig und seelisch.  
**Warum dies so wichtig ist:** Gesunder Schlaf, gesunde Ernährung und gute Stress-Management-Gewohnheiten fördern das optimale Funktionieren des Gehirns, eine gute Konzentration und bessere Leistungen und führen gleichzeitig zu besseren Gewohnheiten und weniger Stress.  
**Wie die Lernumgebung dazu beitragen kann:**
    - Sichere Umgebungen gestalten, gesunde Verhaltensweisen fördern  
 Zum Beispiel: Notwendige Abstandsregeln festlegen, sicherstellen, dass Reinigung und ein guter Luftaustausch möglich sind; Reichhaltige, ansprechende Mahlzeiten und Möglichkeiten zur Bewegung bieten; Außenflächen nutzen
    - Zu mehr Bewegung anregen  
 Zum Beispiel: Bewegung fördern mithilfe von Schaukelstühlen und Settings, die im Sitzen und im Stehen genutzt werden können; Verschiedene Bereiche für unterschiedliche Aktivitäten anbieten
    - Erholungsmöglichkeiten schaffen  
 Zum Beispiel: Räume, die den Lernenden und Lehrenden die Möglichkeit bieten, sich bei Bedarf auszuruhen

Steelcase Learning-Untersuchungen haben gezeigt, dass interaktivere und dynamischere Methoden, in den entsprechend geplanten Räumen, zu höherem Engagement (Beteiligung) und Wohlbefinden seitens der Lernenden aber auch der Lehrenden führen. Damit haben wir ein bedeutendes Werkzeug in unseren Händen, das neben guter Pädagogik und Technologie den Lernerfolg positiv beeinflussen kann, wir müssen es nur richtig einsetzen.

## Gesundheitsförderliche Gestaltung des Lebensraums Schule durch geeignetes Mobiliar



**Dr. Peter Hahne**

OStR, Physiker

Ein oft nicht wahrgenommenes oder unterschätztes Problem bei der Einrichtung unserer Schulen sind untaugliche Sitzmöbel, auf denen sich schon ganze Schüलगenerationen gequält haben. Gerade bei einer älteren Schülerschaft, wie sie sich in der Regel in beruflichen Schulen finden, führen die meist zu kleinen Stühle zu einer erhöhten Belastung des Stütz- und Bewegungsapparates. Langfristig können so Haltungsschwächen und -schäden entstehen. Nach Untersuchungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) leiden bereits 33 % der Kinder und Jugendlichen aufgrund von über 30 Stunden Schulbankdrücken, gepaart mit endlosen Sitzen vor digitalen Medien, unter Haltungsschäden.

Knapp vier Fünftel der befragten Arbeitskräfte berichten, dass bei ihnen häufig während und nach der Arbeit Beschwerden auftreten. Etwa zwei Drittel der Beschäftigten verspüren Schmerzen im Stütz- und Bewegungsapparat, fast die Hälfte leidet unter Kopfschmerzen. Weitere Symptome sind Augenprobleme, Erschöpfungserscheinungen, Konzentrationsstörungen, innere Unruhe, Lustlosigkeit, Schlafstörungen, Magen-Darm-Beschwerden sowie Beschwerden an Händen, Armen und Beinen.

Eine sofort realisierbare Maßnahme zu Gesundheits- und damit Lernförderung ist der sog. **bewegte Unterricht**. Dabei sollten die Sitzphasen reduziert und mit Hilfe gezielter Bewegungsphasen der Unterricht abwechslungsreicher und gesünder gestaltet werden.

Jedoch kommen die Schulen nicht umhin, die Schüler- und Lehrere Arbeitsplätze ergonomisch richtig auszustatten. Gemäß dem Präventionsansatz „Gute gesunde Schule“, diversen gesetzlichen Vorgaben zur Ergonomie in der Schule und am Arbeitsplatz und aufgrund der gesundheitsbildenden Notwendigkeit ist entsprechendes Mobiliar nach Körpermaßen in den Unterrichts- und Arbeitsräumen ein MUSS!

Kinder und Jugendliche wachsen unterschiedlich schnell. So können die Größenunterschiede selbst innerhalb einer Klasse oft erheblich sein. Aus diesem Grund sind für die Schülerinnen und Schüler auf deren unterschiedliche Körpermaße abgestimmte Tische und Stühle durch den Schulträger bereitzustellen. Gleiches gilt für Lehrkräfte - es gibt Lehrpersonen unterschiedlicher Körpergröße und Statur. Je nach Unterrichts- bzw. Arbeitssituation wird im Stehen oder Sitzen unter-

richtet bzw. gearbeitet. Die digitale Ausstattung wird immer vielfältiger: Laptops, Tablets, Visualizer bis hin zu Medientischen. Die Tischhöhe, sei es für stehende oder sitzende Tätigkeiten, muss, je nach individueller Sitz-Steh-Dynamik, angepasst werden. Gleiches gilt für Sitzmöbel, sie müssen auf die individuellen Bedürfnisse, wie Sitzhöhe oder Neigung, eingestellt werden können.

Die Schulmöbelindustrie hat heute bereits höhenverstellbare Tische für Schülerinnen und Schüler sowie für Lehrkräfte in ihrem Angebot, die auch ein Arbeiten im Stehen ermöglichen. Neben dem gesundheitsförderlichen Haltungswechsel werden dadurch die körperliche und geistige Mobilität gefördert.

Wir benötigen dynamisches Mobiliar, das bewegungsfreundlich gestaltet ist. Um den Belastungen entgegenzuwirken, sollten die Stühle drehbar sein und den Wechsel zwischen hinterer und vorderer Sitzposition sowie eine Seitwärtsneigung zulassen. Dynamisches Sitzen bedeutet zunächst einmal, die Sitzposition regelmäßig zu ändern und nicht starr in immer der gleichen Haltung zu verharren. Jeder Positionswechsel bedeutet auch Bewegung, diese fördert z. B. den Stoffwechsel der Bandscheiben und beugt so Abnutzungserscheinungen vor.

Nach der Anschaffung der richtigen Schulmöbel müssen unsere Schülerinnen und Schüler das individuell passende Mobiliar auch tatsächlich bekommen: Der alte und bequeme Grundsatz „One size fits all“ darf nicht mehr gelten! Alle sechs Monate sollten in Stammklassenräumen, unter aktiver Beteiligung der Schülerinnen und Schüler, Stühle und Tische angepasst bzw. ausgetauscht werden. Bei Verwendung von Zweiertischen muss darauf geachtet werden, dass möglichst nur gleich große Personen nebeneinandersitzen. In Fachräumen müssen die Stühle höhenverstellbar sein und vor jeder Unterrichtsstunde individuell angepasst werden.

Vor allem Inklusion ist in der Schule ohne geeignetes Mobiliar nicht möglich. Barrierefrei gestaltete Tische müssen mit Rollstühlen unterfahrbar sein, was einen Beinfreiraum von 67 cm Höhe und mindestens 30 cm Tiefe erfordert. Der Tisch sollte eine Tiefe von bis zu 55 cm und eine Breite von mindestens 90 cm aufweisen. An Plätzen für Rollstuhlfahrer sollte der Abstand bei voll unterfahrbaren Unterrichtstischen 1,50 m betragen. Barrierefreie Wege zu den Arbeitsplätzen und Schülertischen müssen  $\geq 1$  m breit sein.

Die nebenstehende Tabelle zeigt die Bandbreite der verschiedenen Maße für lernförderliche Sitzmöbel.

Körpergröße (cm)	Körpermaße (cm)								
	Weiß	Gelb	Orange	Rot	Rot	Grün	Blau	Schwarz	Blau
Körpergröße	160 - 170 (165)	170 - 175 (172,5)	175 - 180 (177,5)	180 - 185 (182,5)	185 - 190 (187,5)	190 - 195 (192,5)	195 - 200 (197,5)	200 - 205 (202,5)	205 - 210 (207,5)
Sitzhöhe	290 (290)	300 (300)	310 (310)	320 (320)	330 (330)	340 (340)	350 (350)	360 (360)	370 (370)
Effektive Sitzhöhe	220 (220)	230 (230)	240 (240)	250 (250)	260 (260)	270 (270)	280 (280)	290 (290)	300 (300)
Stuhlbreite	290 (290)	300 (300)	310 (310)	320 (320)	330 (330)	340 (340)	350 (350)	360 (360)	370 (370)
Höhe im Tischbreite	400 (400)	410 (410)	420 (420)	430 (430)	440 (440)	450 (450)	460 (460)	470 (470)	480 (480)
Mindesttiefe der Tischplatte	500 (500)	500 (500)	500 (500)	500 (500)	500 (500)	500 (500)	500 (500)	500 (500)	500 (500)
Mindestlänge der Tischplatte	600 (600)	600 (600)	600 (600)	600 (600)	600 (600)	600 (600)	600 (600)	600 (600)	600 (600)

■ Maße für Möbel, Stühle und Tische aus DIN EN 1729-1:2016-02 ; DGUV Info 202-090

**Quellen:** Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung | [www.sichere-schule.de](http://www.sichere-schule.de); Branche Schule, DGUV Regel 102-601; Klasse(n) – Räume für Schulen – Empfehlungen für gesundheits- und lernfördernde Klassenzimmer, DGUV Information 202-090; Schulen, DGUV Vorschrift 81, § 11 Abs. 4; Schulbau – Bautechnische Anforderungen zur Verhütung von Unfällen, DIN 58125; Möbel – Stühle und Tische in Bildungseinrichtungen, DIN EN 1729; Sitzlust statt Sitzfrust – Sitzen bei der Arbeit und anderswo, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

## Empfehlungen zu Lüftungskonzepten in Bildungseinrichtungen

Gute Raumlufthqualität und gutes Raumklima sind in Bildungseinrichtungen wichtig für Gesundheit und Wohlbefinden sowie für ein erfolgreiches Lernen und Lehren. Aufgrund der hohen Zahl an anwesenden Personen und der Raumgröße wird der erforderliche Luftaustausch häufig nur mit einer technischen Anlage erreicht. Über eine freie Lüftung, z. B. durch regelmäßiges Stoßlüften, kann dieser erforderliche Luftaustausch meist nicht dauerhaft gewährleistet werden.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sollte für die gesamte Bildungseinrichtung unabhängig von der Lüftungsart ein Lüftungskonzept erstellt werden, damit die Anforderungen der Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ und der ASR A3.5 „Raumtemperatur“ eingehalten werden können. Das Lüftungskonzept sollte jeden Raum sowohl für den Sommer- als auch den Winterbetrieb berücksichtigen.

Den Anwesenden ist eine Einweisung in dieses Lüftungskonzept einschließlich einer Handlungsanleitung zu geben, die z. B. Regelbarkeit einer RLT-Anlage oder erforderliche Lüftungsintervalle über Fenster, Sicherheitsaspekte und Ansprechpersonen beinhaltet. Die erforderliche Kommunikation kann durch einen raumbezogenen Lüftungsplan, der die erforderlichen Maßnahmen enthält und gemeinsame Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten von Lehrenden und Lernenden klar regelt, unterstützt werden.

Bei der Planung eines Neubaus und auch bei einer Sanierung sollte für Schulgebäude, Kindertageseinrichtungen, Bildungszentren etc. grundsätzlich der Einbau einer raumlufthtechnischen Anlage (RLT-Anlage) mit Wärmerückgewinnung gefordert werden. Dabei ist es wichtig, dass die RLT-Anlage für jetzige, aber auch zukünftige Anforderungen bedarfsgerecht und möglichst wirtschaftlich ausgelegt wird.

In Bestandsbauten, in denen keine zentrale RLT-Anlage vorhanden ist, können dezentrale Lüftungsgeräte relativ einfach nachgerüstet werden. Hier bieten sich auch hybride Systeme an, so dass entweder über Fenster gelüftet werden kann oder die dezentralen Geräte das Lüften unterstützen. Insbesondere in solchen Räumen müssen die Anwesenden über die Funktionsweise und das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten informiert und eingewiesen werden.

Ist der Einbau einer technischen Lüftung (noch) nicht vorgesehen, dann ist unbedingt ein regelmäßiges Lüften über die Fenster erforderlich. CO<sub>2</sub>-Ampeln oder Berechnungstools, z. B. die DGUV-App „CO<sub>2</sub> Timer“, unterstützen bei der Festlegung von Lüftungsabstän-

den. Es ist ratsam, den Lüftungsplan, der allen Beteiligten zu Verfügung gestellt werden sollte, im jeweiligen Raum anzubringen. Als Faustregel können auch in Bildungseinrichtungen die Anhaltswerte der ASR A3.6 herangezogen werden:

Büroräume sollten nach 60 Minuten und Besprechungsräume nach 20 Minuten mit weit geöffneten Fenstern für drei Minuten (im Winter) bis zehn Minuten (im Sommer) gelüftet werden. Fenster sind dabei so zu gestalten, dass sie sowohl beim Öffnen und Schließen als auch in geöffnetem Zustand keine besonderen Gefährdungen für die Anwesenden darstellen. Als Schutzmaßnahme, z. B. vor Absturz, lassen sich Fenster oft nicht weit öffnen.

In diesen Fällen sind weitere Maßnahmen in das Lüftungskonzept mit aufzunehmen, um ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft für Lernende und Lehrende zu gewährleisten.



**Dr. Carina Jehn**

VBG\*, stellv. Leiterin Sachgebiet Innenraumklima

### Weitere Informationen

- Fachbereich AKTUELL FBVW-503 „Empfehlungen zu Lüftungskonzepten an Innenraumarbeitsplätzen“, DGUV, 2022. FBVW-503 „Empfehlung zu Lüftungskonzepten an Innenraumarbeitsplätzen“ | DGUV Publikationen
- DGUV-App „CO<sub>2</sub>-Timer“, Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) IFA - Praxishilfen: Innenraumarbeitsplätze - App „CO<sub>2</sub>-Timer“ (dguv.de)
- Umweltbundesamt, Arbeitskreis Lüftung, „Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden, Teil 1: Bildungseinrichtungen“, Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau, 2017. Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden - Bildungseinrichtungen | Umweltbundesamt
- Allgemeine Informationen zur Gestaltung von Schulen bietet das Internetportal „Sichere Schule“: Startseite - Sichere Schule (sichere-schule.de) Die Informationen und Empfehlungen für Schulen können auch für weitere Bildungseinrichtungen, z. B. Bildungszentren, Seminarräume und Sprachschulen, herangezogen werden.

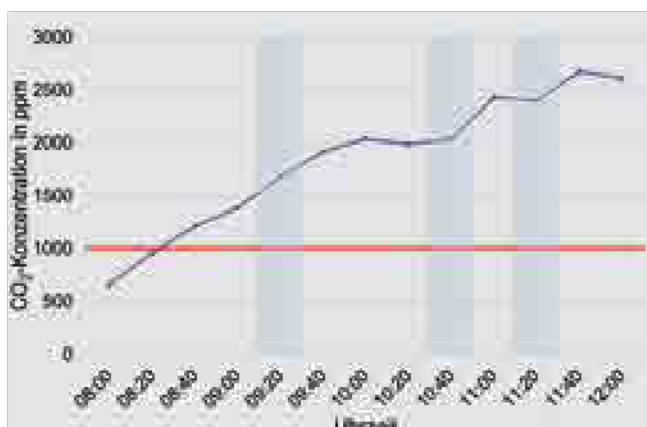
## Gute Luft im Klassenraum!



**Dr.-Ing.  
Claudia Kandzia,  
Heinz Trox Stiftung**

Eine hohe Raumluftqualität in Unterrichtsräumen verbessert das konzentrierte Lernen und Arbeiten. Die Luftqualität in Schulen wird anhand der CO<sub>2</sub>-Konzentration bewertet. Parameter der Innenraumluftqualität sind als Kategorien angesehen, werden jedoch in der Praxis bei der Planung von Heizungs-, Raumluft- und Klimasystemen nur unzureichend berücksichtigt. Der Mensch selbst stellt eine maßgebliche Quelle verschiedener Luftverunreinigungen im Innenraum dar. Der Mediziner und Hygieniker Max von Pettenkofer definierte bereits 1857 den Grenzwert von 1.000 ppm als hygienisch noch unbedenkliche CO<sub>2</sub>-Konzentration der Raumluft. Dieser Wert gilt bis heute als Richtwert für eine gute Luftqualität im Innenraum.

Eine experimentelle Untersuchung zur CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem Klassenraum zeigt, wie schnell dieser Richtwert überschritten wird (Vgl. Abb. 1).



■ **Abb. 1:** Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem Klassenzimmer für die Dauer eines Unterrichtstages; grau eingefärbt sind die Flächen, in denen alle Fenster geschlossen waren.

Der Klassenraum ist drei Meter hoch und hat eine Grundfläche von 64 m<sup>2</sup>. An einer Seite des Raumes sind fünf Fenster. Die Tür befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite. Die Messungen wurden an einem Tag im Dezember durchgeführt. Die Außentemperatur lag bei etwa -2°C und das Wetter war so schlecht, dass die Kinder auch alle Pausenzeiten im Klassenraum verbrachten. Die Raumtemperatur lag um 8:00 Uhr bei 19,2 °C und stieg bis 12:00 Uhr kontinuierlich auf 20,2 °C an.

Ein Fenster war während fast der gesamten Zeit von 8:00 Uhr bis 12:00 Uhr angekippt. Es wurde nur drei Mal für einen Zeitraum von 20 Minuten geschlossen. Diese Zeitfenster sind in der Abbildung grau hinterlegt. Geschlossen wurden die Fenster unterrichtsbedingt. In dieser Zeit haben die Kinder vorgelesen oder Fragen der Lehrerin beantwortet. Hier lag der Fokus der Lehrerin klar darauf, den Straßenlärm nicht ins Klassenzimmer eindringen zu lassen, um die Kinder gut verstehen zu können. Die CO<sub>2</sub>-Startkonzentration lag um 7:45 Uhr bei 480 ppm. Der Wert von 1.000 ppm wurde bereits um 8:30 Uhr zum ersten Mal überschritten und steigt im weiteren

Verlauf des Unterrichts kontinuierlich bis auf einen Wert von etwa 2.600 ppm. Messungen dieser Art gelten repräsentativ für eine Vielzahl deutscher Klassenräume. Die gemessenen Werte liegen deutlich über dem empfohlenen Richtwert. Laut Bundesumweltamt handelt es sich bei einem Wert oberhalb von 1.300 ppm bereits um einen „nicht akzeptablen“ Wert.

Raumlufthygienische und thermische Kriterien beeinflussen nicht nur das Wohlempfinden des Menschen, sondern auch die Leistungsfähigkeit. Umfangreiche Probandenversuche an der Technischen Universität in Kopenhagen haben gezeigt, dass es einen direkten Zusammenhang zwischen der Leistungsfähigkeit der Probanden und der Innenraumluftqualität gibt. Bei einer CO<sub>2</sub>-Konzentration von 900 ppm ist konzentriertes Arbeiten möglich. Die Leistungen liegen hier bei 110 %. Steigt hingegen die CO<sub>2</sub>-Konzentration auf einen Wert von 1.300 ppm, fällt die Leistungsfähigkeit auf 90 % ab. Übertragen auf die Schulzeit eines Kindes, bedeutet eine Differenz von zehn Prozent in der Leistungsfähigkeit, dass bei zehn Jahren ein gesamtes Schuljahr eingespart werden könnte. In Klassenzimmern ist ein vierfacher Luftwechsel notwendig, um den Richtwert der CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1.000 ppm nicht zu überschreiten. Steht, wie an den meisten Schulen, nur eine Fensterlüftung zur Verfügung, ist es nötig, alle zehn bis zwanzig Minuten die Fenster weit zu öffnen. In der Praxis kann dies auf Platzgründen und wegen der organisatorischen Herausforderung kaum zuverlässig gewährleistet werden, wenn auch die Kontrolle mit einer CO<sub>2</sub>-Ampel unterstützt werden kann. Nachteilig sind beim Lüften über die Fenster neben der eingeschränkten Wirksamkeit, die Wärmeverluste im Winter, störende Außengeräusche, der Eintrag von Pollen und Feinstaub sowie mangelnde thermische Behaglichkeit.

Für Unterrichtsräume ist daher generell eine ventilatorgestützte Lüftung zu empfehlen, die es, unabhängig von den Witterungsbedingungen, ermöglicht, die CO<sub>2</sub>-Konzentration dauerhaft unter 1.000 ppm zu halten. Wärmeübertrager verringern in Winter erheblich den lüftungsbedingten Wärmeverlust, da die Wärme aus der Abluft an die Zuluft übertragen wird und so Heizenergie eingespart werden kann. Der Außenlärm lässt sich fernhalten, da die Fenster geschlossen bleiben können und das kontinuierliche Lüften reduziert außerdem den Anteil der Krankheitserreger in der Raumluft, was die Infektionsgefahr sinkt. Eine bedarfsgeregelte Führung nach CO<sub>2</sub> liefert in Unterrichtsräumen eine optimale Balance zwischen Energiebedarf und Luftqualität.

Bei Lüftungsanlagen wird zwischen zentralen und dezentralen Systemen unterschieden. Zentrale RLT-Anlagen werden vor allem in Neubauten und bei Umbauarbeiten installiert. Sie ermöglichen es, alle Betriebsarten und Klimafaktoren zu berücksichtigen. Dabei arbeiten die Anlagen witterungsunabhängig und können dauerhaft einen den Richtwert der CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1.000 ppm einhalten. Dezentrale Lüftungsanlagen werden raumweise integriert und die Leitungen für Zu- und Abluft werden durch die Fassade geführt. Diese Lösung eignet sich besonders für die Nachrüstung von Bestandsgebäuden. Da nicht alle Räume gleichzeitig nachgerüstet werden müssen, lassen sich individuelle Randbedingungen leicht berücksichtigen.

**AIRFLOW** 



DUPLEX VENT SERIE

## **GARANTIERT GUTES RAUMKLIMA**

Die dezentralen Lüftungsgeräte DUPLEX Vent und die CO<sub>2</sub>-Monitore von Airflow stehen für gute Belüftung und einfache Kontrolle des CO<sub>2</sub>-Gehalts in Kindergärten und Schulen.



**Herzlichen Dank  
unseren  
Unterstützern**

## SMART sanieren statt abwarten

Einfache und modulare Sanierungskonzepte könnten die Situation an Deutschlands Schulen flächendeckend verbessern

Gute Innenraumqualität in Klassenzimmern kann die Leistungsfähigkeit steigern, das Wohlbefinden fördern und die Gesundheit von Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern erhalten. Studien zeigen jedoch, dass viele Schulen bei Luft, Licht, Akustik und Raumklima nachbessern müssen: Etwa jede zweite Schule in Deutschland ist sanierungsbedürftig. Das belegt das KfW Kommunalpanel 2022. Die rund 33.000 allgemeinbildenden Schulen sowie die Berufsschulen in Deutschland zeigen ein sehr heterogenes Bild: Von denkmalgeschützten Bauten über in den 80er-Jahren teilsanierte Schulen bis hin zu modernen Neubauten im Plusenergiestandard. Individuelle Sanierungslösungen umzusetzen wäre kaum zu schultern und würde Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Wie lässt sich diese Herausforderung also bewältigen?

### Zukunftsfähige Klassenräume schaffen

Klar ist: Die Anforderungen an zeitgemäße Klassenräume wachsen. Das betrifft nicht „nur“ die während der Corona-Pandemie intensiv diskutierten Themen Luftqualität und Infektionsschutz. Luft, Licht, Akustik und Raumklima: Für eine gute Lern- und Lehrumgebung sind all diese Faktoren wichtig. Hinzu kommen steigende Herausforderungen: effektiver Wärmeschutz für heißere Sommer, energiesparendes Heizen und Lüften im Winter, bessere Sprachverständlichkeit durch optimale Raumakustik für inklusives Unterrichten sowie blendfreie, energieeffiziente Beleuchtung für digitale Medien wie Tablets und



■ Der modulare Sanierungsansatz berücksichtigt verschiedene Einflussfaktoren auf das Innenraumklima. Grafik: Heinz Trox-Stiftung



■ Ein Grundschulklassenzimmer vor (li.) und nach (re.) Sanierung der Klassenraumdecke. Grafik: Heinz Trox-Stiftung

alle genannten Einflussfaktoren auf das Innenraumklima bei überschaubarem baulichem Aufwand. Zwar lassen sich im Neubau oder bei sehr umfassenden Sanierungen mitunter noch bessere Ergebnisse erreichen, doch Ziel dieses Konzepts ist die möglichst einfache und schnelle Ertüchtigung von vielen Klassenräumen. Wir sind überzeugt, dass dieser Ansatz in zahlreichen Schulen realisierbar ist. Auf diese Weise können Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler schnell und nachhaltig verbessert und ergonomische Arbeitsplätze für Lehrkräfte geschaffen werden.

Der modulare Sanierungsansatz wurde bereits in einer Praxisstudie erprobt. Die Ergebnisse sind in einem Leitfaden dokumentiert, der Praxistipps mit fundierten Erkenntnissen aus Forschung und Technik kombiniert. Das Sanierungskonzept ist dabei flexibel an die jeweiligen Rahmenbedingungen der Schulen anpassbar. Neben der Finanzierung betrifft das auch die praktische Umsetzung:

Kann die Sanierung innerhalb weniger Tage während unterrichtsfreier Zeiten oder in den Ferien erfolgen, wird die Raumnutzung nicht für längere Zeit eingeschränkt. Ergänzend zum Leitfaden wird ein digitales, interaktives Vorplanungstool entwickelt, das Verantwortlichen an Schulen ermöglicht, schnell und unkompliziert effektive Verbesserungsmöglichkeiten für Klassenräume zu identifizieren.



Tobias Burgholz  
Heinz Trox  
Wissenschafts-  
gGmbH

Smartboards. Wichtig ist, all diese Anforderungen integral zu betrachten, dabei jedoch handlungsfähig zu bleiben und den Schritt vom Planen zum Umsetzen zu schaffen.

### Pareto-optimal sanieren statt abwarten

Wir schlagen daher vor, mit einem leicht umsetzbaren Sanierungsansatz für Klassenräume im Bestand zu beginnen. Der modulare Ansatz berücksichtigt



■ Titelbild Leitfaden „Klassenräume SMART sanieren“ mit Grundwissen zu Einflussfaktoren für Innenräume. Grafik: Heinz Trox-Stiftung

**Wärmerückgewinnung spart Energiekosten und schont das Klima**  
 Wird in Schulen eine maschinelle Belüftung eingesetzt, lässt sich diese mit einer Wärmerückgewinnung kombinieren.

Berechnungen der RWTH Aachen zeigen, dass Schulen jährlich etwa 52 kWh Energie pro Quadratmeter Klassenraumfläche einsparen könnten. Für einen Klassenraum mit einer typischen Grundfläche von 62,5 m<sup>2</sup> entspricht das einem Einsparpotential von 450 Euro pro Jahr, legt man einen Strompreis von 30 Cent pro kWh und einen Gaspreis von 15 Cent pro kWh zugrunde. Zukünftig dürfte dieser Betrag durch die CO<sub>2</sub>-Steuer weiter steigen, denn pro Schule könnten insgesamt jährlich 20 bis 43 Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden werden.

**Fazit**  
**Für die Zukunft müssen unsere Schulen gut aufgestellt werden. Dass eine flächendeckende, bundesweite Initiative zur Schulsanierung auch bei noch so guter Planung Jahrzehnte dauern würde, darf dabei kein Hinderungsgrund sein. Vielmehr sollte eine solche Initiative hersteller- und branchenübergreifend den Weg für ein dauerhaft gesundes und förderliches Lehr- und Lernklima für Lehrpersonal sowie Schülerinnen und Schüler ebnen.**

Weitere Informationen zum modularen Sanierungsansatz gibt es im Wissensportal „Gute Luft in Schulen“. Dort erscheint auch der neue Leitfaden und steht kostenfrei zum Download bereit: [www.gute-luft-in-schulen.de/](http://www.gute-luft-in-schulen.de/)



### SMART sanieren

**Schnell:** Ein Raum kann in wenigen Tagen saniert werden – z. B. während der Ferien.

**Modular:** Sanieren nach dem Baukastenprinzip: Lüftungsgerät, Akustikelemente und Beleuchtung können herstellerunabhängig flexibel kombiniert werden und vorhandene Technik ergänzen.

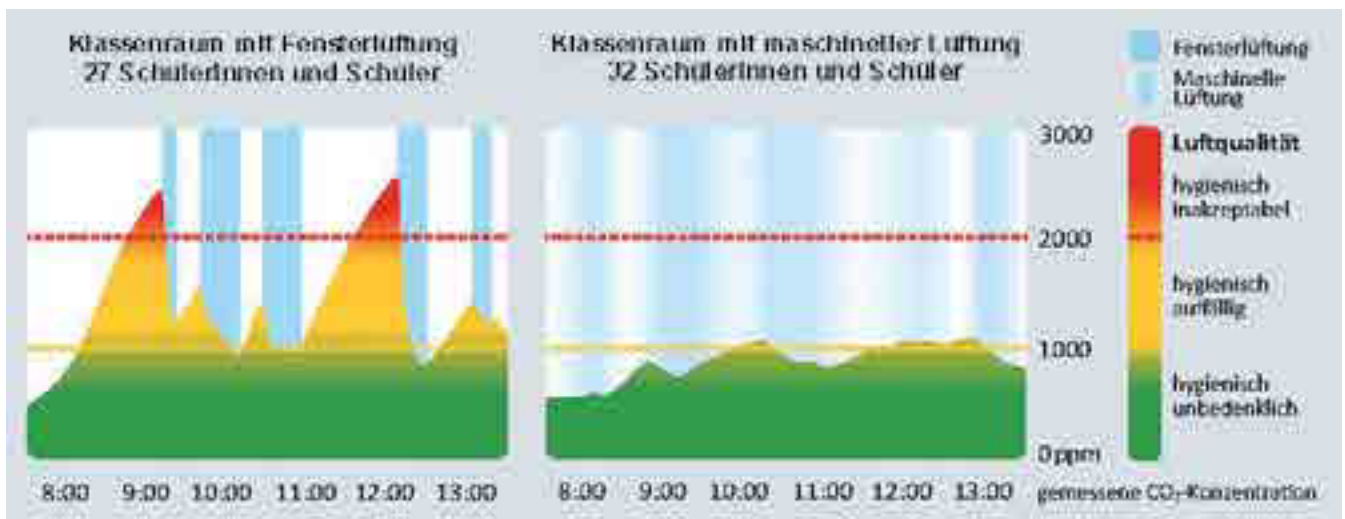
**Anpassungsfähig:** Da für die wichtigsten Verbesserungen schon eine freie Deckenfläche ausreicht, kann der Ansatz für fast jedem Raum adaptiert werden.

**Reduzierter Planungsaufwand:** Unterschiedliche Räume können in ähnlichen Schritten saniert werden – ohne viel extra Planung.

**Temperatur, Licht, Luft und Akustik:** Das Lernklima im Raum wird rundum besser: Angenehme Temperaturen, ausreichend Licht, frische Luft und gute Akustik.

Jährliches Einsparpotential durch Wärmerückgewinnung bei maschineller Lüftung	 Energieeinsparung	 Treibhausgasreduktion	 Energiekosteneinsparung
Pro m <sup>2</sup>	52 kWh/m <sup>2</sup>	13 kg/m <sup>2</sup>	7,20 €/m <sup>2</sup>
Pro Klassenraum (mit durchschnittlich 62,5 m <sup>2</sup> )	3250 kWh	812,5 kg	<b>450 €</b>

■ **Kombiniert mit Wärmerückgewinnung kann maschinelle Lüftung im Betrieb Energiekosten einsparen.**  
 Grafik: Heinz Trox Stiftung basierend auf Kremer et al. 2022



■ **Messungen zeigen, dass maschinelle Lüftung (rechts) über den gesamten Schultag zu gleichmäßig besserer Luftqualität führen kann, als gelegentliche Fensterlüftung (links).**  
 Grafik: Heinz Trox-Stiftung basierend auf Tobias Burgholz, Dirk Müller 2020

## Zusammensetzung der Luft und die Gefährdung durch VOC\*



Dr. Michael  
Raub



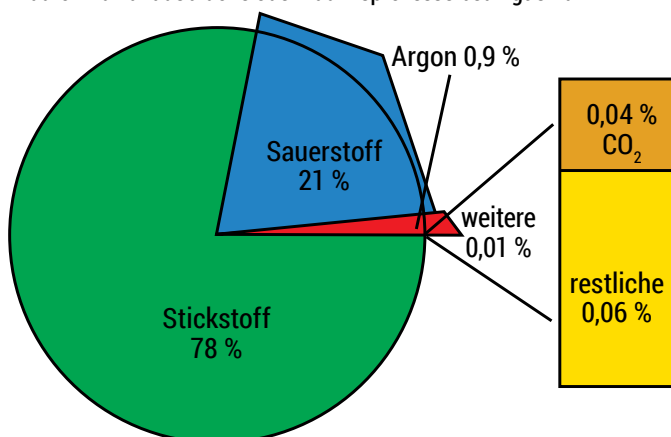
Matthias  
Link

Das unsere Erdatmosphäre umgebendes Gasgemisch wird als Luft bezeichnet. Im trockenen Zustand besteht sie aus den Hauptbestandteilen Stickstoff (78 Volumenprozent) und Sauerstoff (21 Volumenprozent). Daneben enthält Luft noch Edelgase, wie zum Beispiel Argon, Helium, Krypton und Xenon sowie andere Spurenstoffe wie zum Beispiel Kohlendioxid, Methan, Wasserstoff, Distickstoffmonoxid und Kohlenmonoxid. Der Anteil Edelgasen und Spurenstoffen beträgt zusammen unter 1 Volumenprozent.

### Die Luft enthält neben den genannten Gasen zudem noch:

- Wasserdampf, dessen Gehalt in der Atmosphäre zeitlich sowie regional schwankt und im Mittel 0,4 % beträgt
- Staubpartikel
- Aerosole (kleine, in der Luft schwebende feste und flüssige Partikel)
- Schwefel- und Stickstoffverbindungen
- Flüchtige organische Verbindungen (VOC)
- Ozon (Sekundärprodukt, regionale und zeitliche Unterschiede)
- In der Atmosphäre erzeugte Radikale

Die Anteile der natürlich vorkommenden Gase ändern sich nur geringfügig und sind mit Ausnahme von Wasserdampf und Ozon aufgrund der guten Durchmischung der Atmosphäre bis zu einer Höhe von ca. 100 km (Homosphäre) weitgehend gleichmäßig verteilt. Es können allerdings Schwankungen der einzelnen Komponenten (insbesondere der Spurengase) zeit- und gebietsweise auftreten, die beispielsweise durch Vulkanausbrüche oder Fäulnisprozesse bedingt sind.



Zu den natürlichen Bestandteilen der Luft kommen anthropogen verursachte bzw. verstärkte Luftbeimengungen wie z. B. Kohlendioxid, Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, die die Atmosphäre langfristig verändern. Die Zunahme der Treibhausgase – hier sind vor allem Kohlendioxid und Methan relevant – führt zur langfristigen Klimaerwärmung, die unter anderem auch für die im Sommer viel zu hohen Temperaturen in vielen Klassenzimmern mit verantwortlich sind.

Obwohl Stickstoff der Hauptbestandteil der Luft ist, sind zwei andere Bestandteile von großer Bedeutung für Menschen.

Fällt beispielsweise der Sauerstoffgehalt unter 18 Volumenprozent, beginnt ein für Menschen gefährlicher Bereich. Werte unter 10 Volumenprozent führen zum Verlust des Bewusstseins, zu Hirnschädigungen und nach wenigen Minuten zum Tod. Da die Menge von CO<sub>2</sub> in der Luft nur 0,04 Volumenprozent beträgt, wird hier die Einheit parts per million (ppm) verwendet. Eine Konzentration von unter 1000 ppm Kohlendioxid gilt als unbedenklich, Konzentrationen zwischen 1000 und 2000 ppm sind auffällig und Konzentrationen über 2000 ppm inakzeptabel. Von erheblicher Bedeutung für den Arbeits- und Gesundheitsschutz bezüglich der Innenluft in Schulgebäuden sind im Hinblick auf den die flüchtigen organischen Verbindungen VOC (Volatile Organic Compounds). Diese sind einerseits natürlichen Ursprungs, etwa durch diverse biologische Prozesse, entstehen andererseits aber auch als Kraftverkehrsabgase aus industriellen Vorgängen. In Innen- und damit Schulräumen stellen die VOC aber eine erheblich größere Belastung als an der freien Luft dar. Es gibt hier eine Fülle von baulichen und einrichtungsbedingten Innenraumquellen, wozu noch die anwesenden Personen hinzukommen. Hier sind Baumaterialien, Farben, Lacke, Klebstoffe, Möbel und Dekormaterialien ebenso von Bedeutung wie Reinigungsmaterialien oder menschliche Ausdünstungen, Körperpflegemittel wie Deos und so fort. Auch wenn die gesundheitlichen Gefährdungen nicht dramatisiert werden sollten, sind sie dennoch nicht auszuschließen. Neben den bekannten Geruchsbelästigungen könnte es aber nach Angaben des Bundesumweltamtes zu Reizungen und Symptomen, die nicht unmittelbar einer Krankheit zugeschrieben werden können. Nicht auszuschließen seien auch „mögliche chronische Wirkungen, [...] besonders natürlich krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Wirkungen.“ Durch regelmäßiges Lüften der Unterrichtsräume kann hier weitgehend Abhilfe geschaffen werden, dies ist aber, wie weitere Artikel noch zeigen werden, nicht immer möglich, so dass oft andere Maßnahmen getroffen werden müssen.

### \* Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Die englische Abkürzung „VOC“ (Volatile Organic Compounds) bezeichnet die Gruppe der flüchtigen organischen Verbindungen. VOC umschreibt gas- und dampfförmige Stoffe organischen Ursprungs in der Luft. Dazu gehören zum Beispiel Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Aldehyde und organische Säuren. Viele Lösemittel, Flüssigbrennstoffe und synthetisch hergestellte Stoffe können als VOC auftreten, aber auch zahlreiche organische Verbindungen, die in biologischen Prozessen gebildet werden. Viele hundert verschiedene Einzelverbindungen können in der Luft gemeinsam auftreten. Fachleute unterscheiden VOC von den sehr flüchtigen organischen Verbindungen (Very Volatile Organic Compounds, VVOC) und den schwerflüchtigen organischen Verbindungen (Semivolatilen Organischen Verbindungen, SVOC). Die Summe der Konzentrationen sämtlicher VOC ergibt den TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds).



## Zentrale und dezentrale Lüftungsanlagen



**Dr.-Ing. Claudia Kandzia**  
Projektkoordinatorin  
und wissenschaftliche  
Kommunikation,  
Heinz Trox Stiftung

Gute Luft ist für Menschen die Basis für Gesundheit, Wohlbefinden und Konzentrationsfähigkeit. Bei der Atmung wird Sauerstoff ein- und Kohlenstoffdioxid ausgeatmet. Dadurch steigt die Konzentration an Kohlenstoffdioxid in der Raumluft, die Raumluftqualität verschlechtert sich. Um dies zu verhindern, muss vorsorglich gehandelt werden. Dies ist mit einer Fensterlüftung schwierig zu realisieren. Viel eher ist eine Lüftungsanlage zu empfehlen, um eine ausreichende Frischluftzufuhr zu gewährleisten. Die Raumlufttechnischen Anlagen sollen für eine hohe Raumluftqualität und ein behagliches Raumklima sorgen und das so effizient wie möglich.

### Funktionsweise einer RLT-Anlage

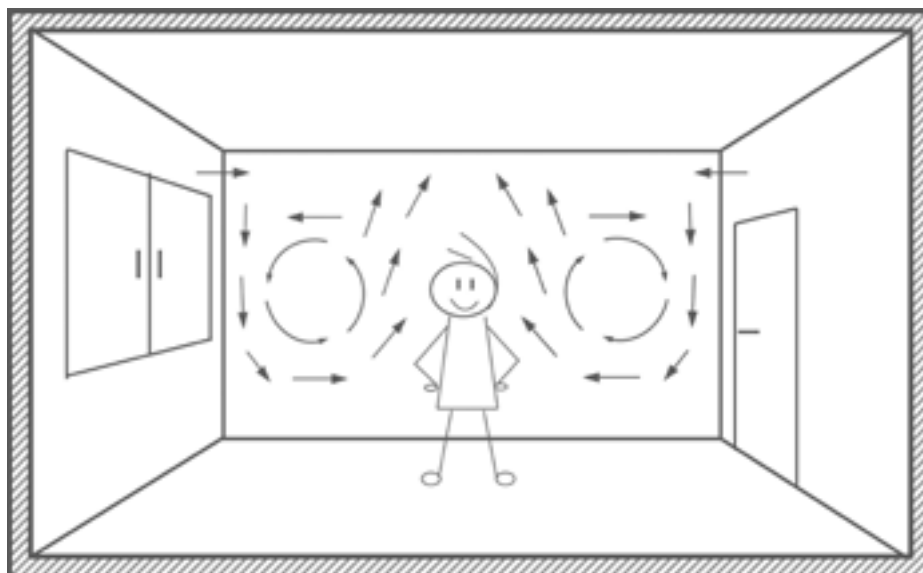
Je nach Bauweise wird die von der Raumlufttechnischen (RLT-)Anlage angesaugte gefiltert und vorerwärmt und anschließend mit Hilfe eines Ventilators in den Raum transportiert. Einfache Systeme bestehen aus einem Abluftventilator, der die verbrauchte Luft aus dem Raum abführt, und Außenluftdurchlässen, durch die Außenluft nachströmt. Ist in die RLT-Anlage ein Wärmeübertrager integriert, wird die Wärme der Abluft an die Zuluft übertragen. So können Energiekosten gespart werden.

Bei Lüftungsanlagen wird zwischen zentralen und dezentralen Systemen unterschieden. Zentrale Lösungen versorgen ganze Wohnungen oder Gebäude mit Frischluft, dezentrale Lüftungsanlagen hingegen einzelne Räume. In Abbildung 2 sind eine zentrale (links) und eine dezentrale (rechts) Lüftungsanlage dargestellt.

Bei **zentralen RLT-Anlagen** erfolgt die Luftverteilung durch Deckenkanäle. Sie eignen sich vor allem bei Neubauten oder Umbauarbeiten. Das Lüftungsgerät wird meist im Keller oder auf dem

Dach untergebracht. In einem Kanalnetz wird die aufbereitete Zuluft durch das Gebäude transportiert und über einen Zuluftdurchlass in den Raum eingebracht. Mit zentralen Lüftungsanlagen lassen sich alle Betriebsarten und Klimafaktoren berücksichtigen, denn je nach Bauart ist neben der Erwärmung der Luft auch das Kühlen bzw. das Be- und Entfeuchten möglich.

**Dezentrale Lüftungsanlagen** werden raumweise in das Gebäude integriert. Die Installation der Zu- und Abluftleitungen erfolgt ebenfalls raumweise durch die Fassade. Diese Lösung ist beson-

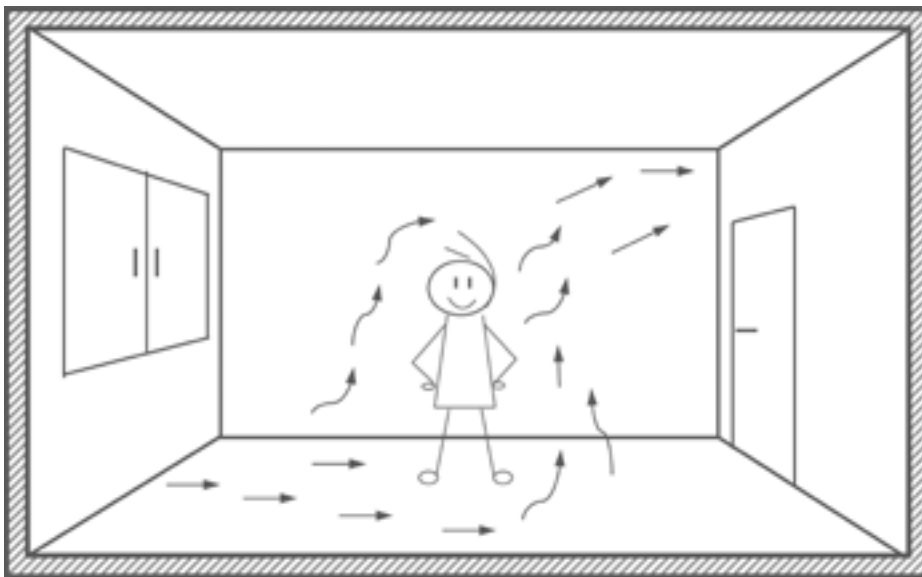


■ **Mischlüftung**

ders für die Nachrüstung in Bestandsgebäuden geeignet. Von Vorteil ist, dass nicht alle Räume gleichzeitig nachgerüstet werden müssen. Zudem zeichnen sich dezentrale Lüftungsanlagen durch niedrige Investitions- und Betriebskosten aus. Angeboten werden Decken-, Stand- und Brüstungsgeräte.



■ **Abbildung links: zentrale Lüftungsanlage (Bild: Trox), rechts: dezentrale Lüftungsanlage (Bild: Wolf)**



■ **Quellaufströmung**



Anwendungs-  
beispiele



Anlagen-  
steckbriefe

Maschinelle Lüftungsanlagen arbeiten witterungsunabhängig, können also bei entsprechender Dimensionierung dauerhaft eine gute Raumluftqualität sicherstellen. Darüber hinaus können die Fenster geschlossen bleiben, sodass weder Straßenlärm noch verschmutzte Außenluft in den Raum gelangen.

### Strömungsformen der Raumluft

Einfluss auf die Wirksamkeit von RLT-Anlagen haben neben der Luftwechselrate auch die Position und die Art der Zu- und Abluftöffnungen. Je nach Position des Zuluftdurchlasses und Geschwindigkeit der eingebrachten Luft breitet sich diese unterschiedlich schnell im Raum aus. Wird die Zuluft mit hoher Geschwindigkeit in Deckennähe eingebracht, bildet sich eine Mischlüftung aus. Sowohl die Temperatur als auch die Verteilung

der Schadstoffe sind dabei im gesamten Raum nahezu konstant. Wird die Luft hingegen mit sehr niedriger Geschwindigkeit in Bodennähe in den Raum eingebracht, spricht man von Quellaufströmung. Die Temperatur der Zuluft ist etwas niedriger als die Raumluft, breitet sich in Bodennähe aus und steigt dann an den Wärmequellen im Raum auf. In den Abbildungen sind die beiden Strömungsformen schematisch dargestellt.

Der Fachverband Gebäude-Klima e. V. (FGK) informiert auf einer eigenen Website über Möglichkeiten für die Raumluftung. Hier sind Anwendungsbeispiele für den Einsatz von RLT-Anlagen (<https://lebensmittel-luft.info/anwendungsbeispiele/>) und Informationen über Systeme, die sich (auch) für die Schullüftung eignen (<https://lebensmittel-luft.info/schullueftung/anlagensteckbriefe/>) zu finden.



## Zu hohe Temperaturen in Deutschlands Schulen

Negative Auswirkungen auf Gesundheit und Lernleistung sind die Folge

In Schulgebäuden klettern die Temperaturen im Sommer teilweise in unerträgliche Höhen. Die Folgen sind sowohl für Lehrkräfte als auch für die Kinder und Jugendlichen fatal. Sie können sich schlechter konzentrieren, werden müde und erschöpft. Hitze verursacht Stress für den gesamten Körper. Ein produktiver Unterricht ist nahezu unmöglich. Im Idealfall soll die Temperatur in Klassenräumen zwischen mindestens 20 °C und höchstens 26 °C liegen. Wie heiß es tatsächlich im Klassenzimmer wird, hängt von verschiedenen Randbedingungen ab, beispielsweise von der Ausrichtung der Fenster im Gebäude, vom Dämmstandard und davon, ob Jalousien vorhanden sind.

Im Sommer 2023 lagen die Außentemperaturen in Deutschland erheblich über dem vieljährigen Mittel. „Seit nun 27 Jahren werden in Deutschland zu warme Sommer gemessen. Wieder können wir den Klimawandel live erleben,“ kommentiert Uwe Kirsche, Pressesprecher des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die aktuelle Sommerbilanz des nationalen Wetterdienstes. Der höchste Messwert in Deutschland wurde am 15. Juli mit 38,8 °C in Bayern gemessen. Die Badische Zeitung beschrieb am 5. Juli 2023 Schulen in Freiburg, in denen die Temperaturen auf bis zu 35 Grad ansteigen. Eine Schulleiterin berichtet, dass die Konzentration nachlässt, viele Schülerinnen und Schüler schlapp sind, einige über Kopfschmerzen klagen.

### Messkampagne zu den sommerlichen Temperaturen

Um konkrete Daten darüber zu erhalten, wie warm es in Deutschlands Schulen tatsächlich wird, wurden in je einer Woche im Juni und im September Temperaturmessungen an neun Schulen durchgeführt. Dabei kamen baugleiche Messgeräte der Firma Wöhler (s. Abb. 1) zum Einsatz. Die Lehrer dokumentierten zu vereinbarten Zeiten die jeweilige Temperatur im Klassenraum, indem sie das Messgerät fotografierten. Die erste



■ Abb. 1: 31,7 °C am 26.06.2023. Aufnahme des Messgerätes in einem der Klassenräume



Thomas  
Waldhecker



Dr.-Ing. Claudia  
Kandzia

Messwoche dauerte vom 26. bis zum 30. Juni, die zweite vom 11. bis zum 15. September. Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Aufnahme aus einem Klassenraum in Dresden, die am 26. Juni um 14:00 Uhr entstand. durchgeführt. Die Temperatur in dem Raum betrug zu diesem Zeitpunkt 31,7 °C.

### Auswertung der Messergebnisse

In Abbildung 3 sind die an den zehn Messtagen erfassten Temperaturen aufgetragen. Die Nummerierung der neun beteiligten Schulen entspricht der Zuordnung in der Deutschlandkarte (s. Abb. 2). Da am 26. Juni in NRW bereits die Ferien begonnen hatten, liegen für die Messwoche im Juni keine Daten der Schule



■ Abb. 2: Standorte der teilnehmenden Schulen

in Bonn vor. Die in der Abbildung 3 zusätzlich eingetragenen Linien entsprechen Werten konstanter Temperatur (grün: Werte unterhalb von 26 °C, gelb: Werte zwischen 26 °C und 28 °C, orange: Werte zwischen 28 °C und 30 °C und rot: Werte oberhalb von 30 °C). Das Kreisdiagramm gibt die prozentuale Verteilung der Messwerte wieder. Die farbliche Zuordnung entspricht denselben Temperaturbereichen wie die eingetragenen Linien. Eine detaillierte Übersicht über die gemessenen Temperaturwerte an allen Messtagen enthält Abbildung 4.

Wie bereits erwähnt, sollten die Temperaturen im Klassenraum zwischen 20 und 26 °C liegen, um ein behagliches Innenraumklima sicherzustellen und damit konzentriertes Lernen zu ermöglichen. Nur 11,8 Prozent der hier dargestellten Messwerte liegen in diesem Bereich. Alle anderen Temperaturen liegen oberhalb von 26 °C, davon 38,8 Prozent sogar über 30 °C.

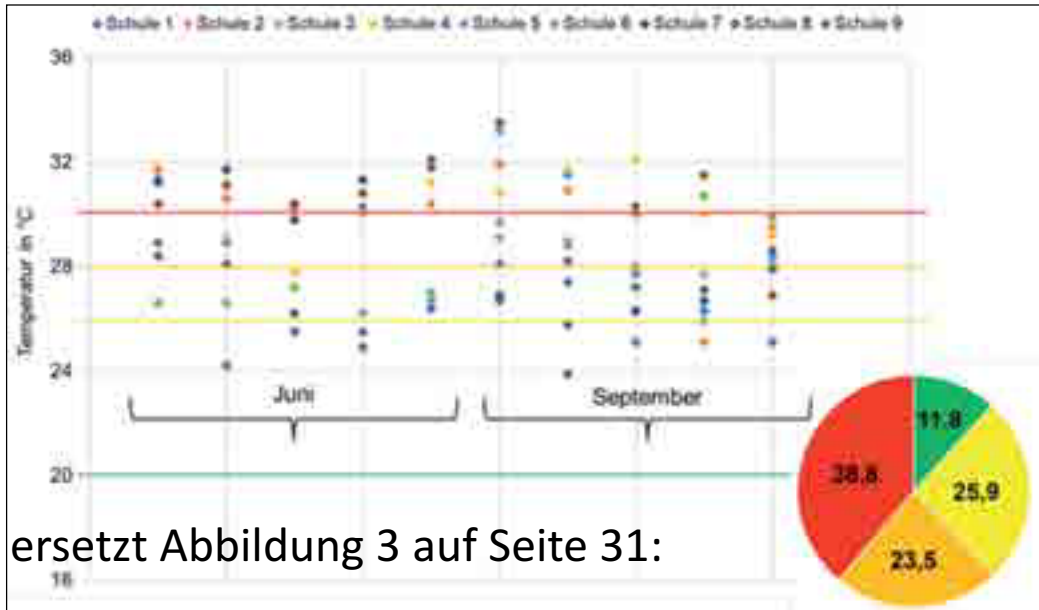


Tabelle ersetzt Abbildung 3 auf Seite 31:

■ Abb. 3: Darstellung der gemessenen Temperaturen an den neun Schulen für alle Messtage

	Schule 1	Schule 2	Schule 3	Schule 4	Schule 5	Schule 6	Schule 7	Schule 8	Schule 9
26. Jun	28,9	31,7	Ferien	26,6	31,2	28,4	28,4	31,3	30,4
27. Jun	24,2	30,6		26,6	28,9	29,1	28,1	31,7	31,1
28. Jun	25,5	30,2		27,2	30,4	27,8	26,2	29,8	30,4
29. Jun	25,5	30,1		26,2	30,3	30,0	24,9	31,3	30,8
30. Jun	26,4	30,4		27,0	26,7	31,2	32,1	31,8	31,8
11. Sep	28,1	31,9	29,1	29,7	33,2	30,8	26,7	26,9	33,5
12. Sep	27,4	30,9	29,0	28,8	31,5	31,7	28,2	25,8	23,9
13. Sep	25,1	27,9	28,0	30,0	27,7	32,1	27,2	26,3	30,3
14. Sep	26,3	25,1	27,7	30,7	25,9	30,0	27,1	26,7	31,5
15. Sep	25,1	29,5	28,1	29,9	28,4	29,2	28,6	27,9	26,9

■ Abb. 4: Übersicht der gemessenen Temperaturen an den neun Schulen für alle Messtage

**Interpretation des Istzustandes und Empfehlungen zur Verbesserung**

Abbildung 6 zeigt eine Übersicht über den Einfluss der Raumtemperatur auf das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit. Dieser Übersicht ist zu entnehmen, dass die in der Messkampagne erfassten Werte zu großen Anteilen in Bereiche fallen, in denen es zu Unbehagen, Reizbarkeit, Konzentrationsmangel sowie einem Leistungsabfall für geistige Arbeit kommt. Weiterhin ist mit psychischen sowie psycho-physiologischen Störungen zu rechnen.

**Aus diesen Ergebnissen leiten sich die folgenden Fragestellungen ab:**

- Ist unter diesen Bedingungen Unterricht überhaupt noch möglich?
- Wie reagieren Gewerkschaften bzw. Verbände, Elternvertreter und Unfallversicherungen auf die seit Jahren steigenden Temperaturen in den Unterrichtsräumen?
- Gibt es Lösungsvorschläge der Politik und der Schulträger, damit alle am Unterricht Beteiligten im Sommer nicht schwitzen und im Winter nicht frieren?

Gewerkschaften und Elternvertreter setzen sich für eine bundeseinheitliche Lösung für Hitzefrei an Schulen und insgesamt mehr Hitzeschutz ein. Anja Bensinger-Stolze (Vorstandsmitglied GEW) sagt, dass wir den steigenden Temperaturen, die mit dem Klimawandel auf uns zurollen, präventiv begegnen müssen. Der Verband der Amtsärzte fordert angesichts der hohen Temperaturen eine Siesta in der Mittagszeit. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV) hat in ihrer Ausgabe vom April 2023 das Thema „Hitze und Sonnenschutz“ unter dem Motto „Gut auf sich und andere achten“ behandelt. In dem Beitrag wird erwähnt, dass in ungünstigen Fällen die Temperaturen in den Klassenräumen auf über 35 °C ansteigen können. Lehrkräften wird empfohlen, auf Anzeichen zu achten, sonst kann Hitze gravierende Auswirkungen auf die Gesundheit haben.

Es folgen weitere Tipps, etwa die Klassenzimmer nachts durch gekippte Fenster abzukühlen. Wie sind all diese Tipps aus Sicht des Arbeitsschutzes zu bewerten? Es handelt sich ausschließlich um Empfehlungen, die nach dem STOP-Prinzip Organisatorische Maßnahmen sind (Schule nachts abkühlen). Die einzelnen Maßnahmen des STOP-Prinzips sind in Abb.5 dargestellt.



## Maßnahmen zur Gefährdungsreduzierung

	Gefahrenquelle	Mensch	Maßnahme	Wirksamkeit
<b>S</b>			Substitution Beseitigung der Gefahrenquelle	★★★★★
<b>T</b>			Trennung Räumliche Abtrennung der Gefahrenquelle	★★★★☆
<b>O</b>			Organisatorische Maßnahmen (Arbeitsabläufe Arbeitsorganisation)	★★★☆☆
<b>P</b>			Persönliche Schutzausrüstung	★★☆☆☆
Verhaltensbezogene Maßnahmen			Verhaltensbezogene Maßnahmen (Unterweisung)	★☆☆☆☆

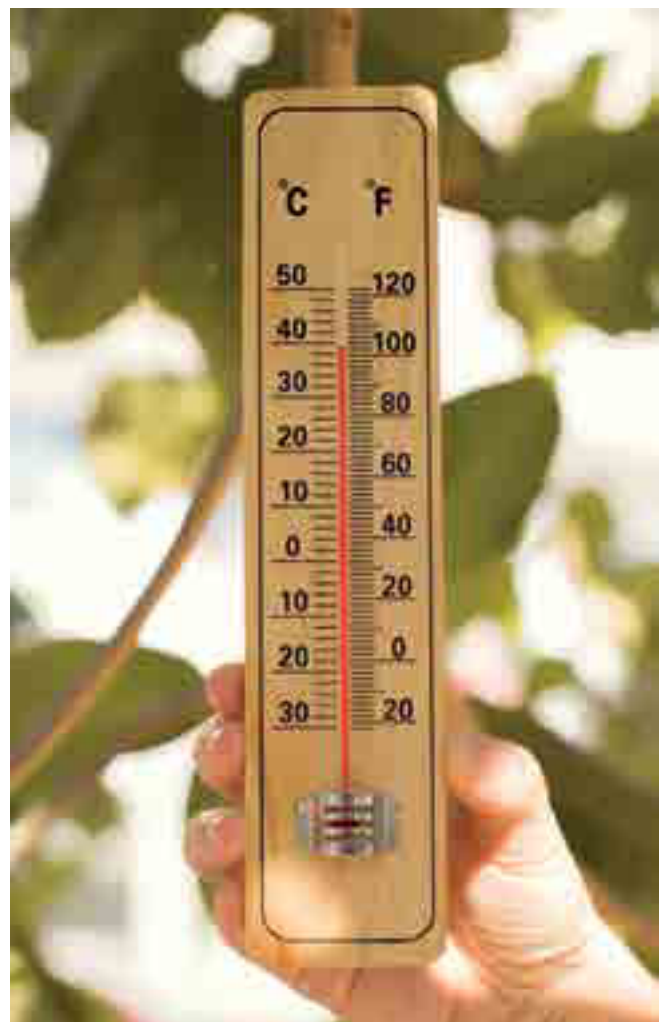
■ Abbildung 5: Manuel Speiseder, FGK e.V.

Viel trinken, kühlende Kleidung tragen, Verhaltensregeln und Unterweisungen sind persönliche Maßnahmen. Die Wirksamkeit nach der Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes ist relativ gering. Die Überprüfung, ob die Verhaltensregeln eingehalten werden, ist für die Lehrkräfte aufgrund einer Vielzahl anderer Aufgaben während des Unterrichts nahezu unmöglich. Keine der empfohlenen Maßnahmen kann dazu beitragen, die Bildungsqualität zu erhöhen und gleichzeitig die Gesundheit der am Schulleben Beteiligten zu schützen!

Aus pädagogischer Sicht bedeuten die empfohlenen Maßnahmen weitere zusätzliche Aufgaben für die Lehrkräfte und noch mehr Stress und Störungen des Unterrichts. Neben Lehrermangel, Unterrichtsausfall, fehlenden Bildungsreformen, Ausstattungsdefiziten und baulichen Mängeln wird die häufige Überschreitung (im Winter Unterschreitung) der empfohlenen Raumtemperaturen die Bildungsqualität weiter verschlechtern. Hitzefrei verbietet sich aus pädagogischer Sicht. Deutschland kann sich zu den 5 % Unterrichtsausfall (11,8 % in Regionen mit niedrigem Haushaltseinkommen<sup>1)</sup> keinen weiteren Unterrichtsausfall leisten. Eine so unzulängliche Lösung wäre gleichzeitig eine Kapitulation vor den geschilderten Defiziten im Bildungsbereich. In ihrer Stellungnahme zum Lehrkräftemangel schreibt die Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK): „Die aktuelle Situation ist besorgniserregend.“<sup>2</sup>

### Welche Lösungsmöglichkeiten gibt es?

Substitution als wirksamste Schutzmaßnahme scheidet leider aus, da Hitze nicht durch einen weniger gefährlichen Gefahrstoff oder ein anderes Verfahren ersetzt werden kann. Als ein-



<sup>1)</sup> zeit.de, 26.4.2018

<sup>2)</sup> kmk.org, 27.1.2023

<sup>3)</sup> ASR A3.5, 2022, Seite 198

zig sinnvolle Schutzmaßnahme bleiben technische Lösungen übrig.

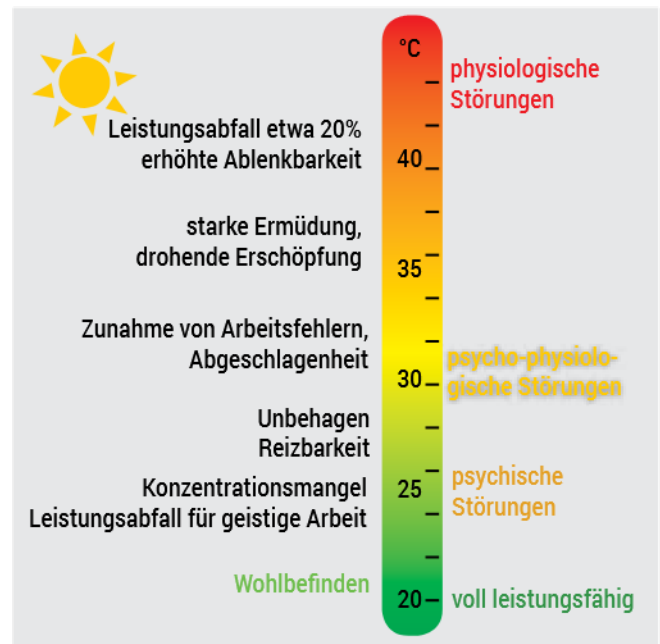
Um die Temperaturen im Klassenzimmer nach den Vorgaben der Arbeitsstättenverordnung zu gewährleisten<sup>3</sup>, wird empfohlen, die Räume durch Nachtlüftung abzukühlen oder in den sehr frühen Morgenstunden ausreichend zu lüften. Werden regelmäßige Lüftungsintervalle eingehalten, wie z. B. alle 20 Minuten für etwa fünf Minuten die Fenster zu öffnen, kann eine angemessene Raumluftqualität eingehalten werden.

Dafür braucht es jedoch eine Reihe zu öffnender Fenster, die möglichst an unterschiedlichen Wänden angeordnet sind, um eine gute Querlüftung zu ermöglichen. Sehr hohe Außentemperaturen verursachen hier im Tagesverlauf aber natürlich auch sehr hohe Temperaturen im Klassenraum.

Weiterhin zeigt die Erfahrung, dass das ausreichende Fensterlüften nicht funktioniert. Es stört den Unterricht, weil es draußen zu laut ist, Pollen und Feinstaub von der Straße in die Klassenräume gelangen oder weil es einfach vergessen wird.

Für Unterrichtsräume ist deshalb generell eine ventilatorgestützte Lüftung zu empfehlen. Angeboten werden zentrale und dezentrale Lösungen. Zentrale Raumlufttechnische Anlagen mit einer Luftverteilung durch Deckenkanäle werden vor allem in Neubauten und bei Umbauarbeiten installiert.

Dezentrale Lüftungsanlagen werden raumweise integriert und die Leitungen für Zu- und Abluft durch die Fassade geführt. Diese Lösung eignet sich besonders für die Nachrüstung von Bestandsgebäuden. Da nicht alle Räume gleichzeitig nachgerüstet werden müssen, lassen sich individuelle Randbedingungen leicht berücksichtigen.



■ Abbildung 6: Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur

Beide Lüftungssysteme arbeiten witterungsunabhängig. Sie ermöglichen es, alle Betriebsarten und Klimafaktoren zu berücksichtigen. Mit einer Wärmerückgewinnung wird zudem Wärme aus der Abluft auf die Zuluft übertragen und dadurch Heizenergie eingespart.

Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass die Leistungsfähigkeit bei Raumtemperaturen über 26 °C in erheblichem Umfang abnimmt. So kommt beispielsweise eine Untersuchung aus Dänemark (Wargocki, Wyon 2006) zum Ergebnis, dass Schülerinnen und Schüler bei höheren Temperaturen signifikant schlechtere Ergebnisse erzielen und die Leistungsfähigkeit pro 1 °C Temperaturzunahme um zwei Prozent abnimmt.

Quelle: [kmbw.de/Lde/startseite/service/PM+Hitzefrei](http://kmbw.de/Lde/startseite/service/PM+Hitzefrei)



## Beispiele von Nachrüstungen raumluftechnischer Anlagen



**Matthias Link**

Viele Schülerinnen und Schüler sind bereits nach kurzer Zeit im Unterricht erschöpft und können sich nicht richtig konzentrieren. Der Grund dafür ist manchmal simpel: Es wurde nicht gelüftet, wodurch der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Raum angestiegen ist. Keine guten Voraussetzungen für ein angenehmes und gesundes Lernklima. Öffnet man jedoch die Fenster, wird es rasch zu kalt, vor allem im Winter. Zudem gelangen dadurch Lärm, Pollen und Feinstaub in die Räume, was das Lernklima zusätzlich verschlechtert.



■ Trox Übersicht Nachrüstungen

### Gesunde Luft atmen und Energie sparen

Dezentrale Lüftungssysteme sind seit vielen Jahren bewährt und bieten eine einfache Möglichkeit zur Erstausrüstung oder Nachrüstung in Bürogebäuden und Bildungseinrichtungen. Da die Geräte direkt an oder in die Nähe der Fassade montiert werden, ist eine aufwändige Verlegung von Lüftungsleitungen nicht nötig. Zwei Bohrungen oder Öffnungen in der Außenwand reichen für die Montage der dezentralen Lüftungsgeräte.

Integrierte Filter sorgen für nahezu pollen- und staubfreie Luft. Optional wird sie über Heiz- und Kühlregister auf die gewünschte Temperatur gebracht. Damit keine Energie verloren geht, werden effiziente Wärmerückgewinnungssysteme integriert und über die verbaute Sensorik bedarfsgerecht betrieben.

### Die Vorteile im Überblick

- Energie sparen und Klima schützen durch Wärmerückgewinnung
- Gesunde Raumlufqualität
- Schneller Luftwechsel durch hohe Leistung
- Flüsterleiser Betrieb
- Weniger Infektionen durch frische Luft mit gesunder Luftfeuchte
- Schutz vor Pollen und Staub mit hochwertigen Filtern
- Stoßlüften bei geschlossenem Fenster mit Boostbetrieb
- Einfach in Planung, Einbau, Betrieb und Wartung
- Bedarfsgerechtes Heizen oder Kühlen
- Erfüllung aller technischen Richtlinien



■ Trox Nachrüstungen zwischen den Fenstern im Innenraum

### Ausführungsbeispiel mit Brüstungsgeräten

- Einfacher Einbau horizontal vor der Fenster-Brüstung oder unter der Fensterbank
- Frei gestaltbare Gehäuseverkleidung – auch in Holz möglich
- Heizleistung bis 3800 W, Kühlleistung bis 1200 W
- Nennluftleistung 400 m<sup>3</sup>/h – Boost 600 m<sup>3</sup>/h
- Wärmerückgewinnungsgrad > 75 %

Die Abbildungen unten verdeutlichen eine Referenz, in der solche Brüstungsgeräte als Ersatz für die vorhandenen Elektrospeicheröfen nach architektonischen Vorgaben nachgerüstet wurden.



■ Nachrüstung an einer Schule am Chiemsee von außen.  
Unten li. ein Mustergerät vergleichbar mit einem Elektrospeichergerät.



■ *Nachrüstungen rechts neben den Fenstern von außen.*



■ *Nachrüstungen links neben den Fenstern von innen.*

Die frische, gefilterte Außenluft wird über die Gitter über dem Fußboden zugeführt. Die verbrauchte, qualitativ schlechtere Raumluft wird über sogenannte Schattenfugen abgesaugt und nach draußen abgeführt. Dabei wird die Luft über ein Wärmerückgewinnungssystem geführt und nach Bedarf auf eine behagliche Temperatur nachgeheizt.

Über ein zusätzliches Bedientableau kann eine befugte Person individuell auf die Funktion und den Betrieb der Geräte Einfluss nehmen. Die außenliegenden Öffnungen werden zum Teil von einer Holz-Lamellenkonstruktion abgedeckt.

### Einfacher Einbau vertikal in die Fassade

- Frei gestaltbare Gehäuseverkleidung – auch in Holz möglich
- Heizleistung bis 3800 W, Kühlleistung bis 1470 W
- Nennluftleistung 400 m<sup>3</sup>/h – Boost 600 m<sup>3</sup>/h
- Wärmerückgewinnungsgrad > 75 %

Neben den Brüstungsgeräten gibt es auch die Möglichkeit, den Klassenraum z. B. mit vertikalen Geräten zu belüften. Aufgrund ihrer Gerätegeometrie wird diese Art von Geräten sehr oft und gerne von Architektinnen und Architekten eingesetzt.

Die Zuluft wird über Schlitze in der Holzverkleidung dem Raum zugeführt. Über weitere Schlitze im oberen Bereich der Verkleidung wird Abluft vom Raum abgesaugt.

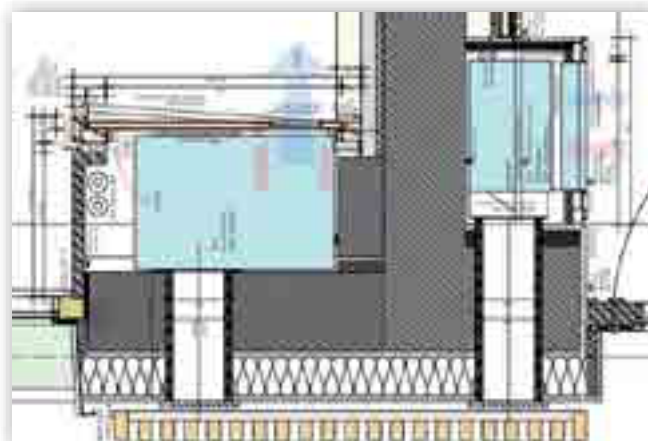
Fast unsichtbar für die Raumnutzer erfüllen die vertikalen Lüftungsgeräte in derselben Art und Weise die Sicherstellung guter Raumluftqualität sowie thermische Behaglichkeit.

Anders als in dem vorgeschriebenen Beispiel sind die Öffnungen über ein filigranes Alu-Lamellengitter abgedeckt.

**Lernen in guter Luftqualität –  
eine Selbstverständlichkeit.**



■ *Nachrüstungen unter den Fenstern von innen.*



## Effiziente Lüftungstechnik für die Evangelische Jugendhilfe Freiburg-Zähringen und Carl-Mez-Schule



**Wilfried  
Löffler**

Produktmanager  
KWL Helios  
Ventilatoren

**Frische Luft in öffentlichen Einrichtungen spielt eine große Rolle für das Wohlbefinden, die Leistungsfähigkeit sowie die Gesundheit der sich darin aufhaltenden Personen. Ein Projekt im süddeutschen Freiburg im Breisgau zeigt, wie auch ganz ohne die meist unzureichende Fensterlüftung ein optimales Raumklima geschaffen und gleichzeitig viel Energie eingespart werden kann. So wurden in den Bestandsgebäuden schnell und unkompliziert sieben dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung von Helios Ventilatoren verbaut.**

Die Evangelische Jugendhilfe Freiburg-Zähringen (EJH) bietet unterstützungsbedürftigen jungen Menschen und ihren Familien mit ihren stationären und teilstationären Angeboten eine wichtige Anlaufstelle. Je nach Betreuungsmodell können Kinder und Jugendliche an der dazugehörigen Carl-Mez-Schule vormittags den Unterricht besuchen, nachmittags an der Tagesgruppenbetreuung teilnehmen und abends wieder zu ihren Familien zurückkehren oder in den Wohngruppen folgebetreut werden. Wie bei vielen anderen sozialen Einrichtungen und Schulen auch, geriet bei der EJH durch die Corona-Pandemie die Thematik der Luftqualität stärker in den Fokus. Frische Luft trägt aber nicht nur zur Senkung der Ansteckungsgefahr bei, sondern auch zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Gehalts. Ist dieser zu hoch, sind oft eine reduzierte Konzentrationsfähigkeit, Müdigkeit sowie Kopfschmerzen die Folge. Besonders in den Unterrichts- und Aufenthaltsräumen, in denen sich viele Menschen aufhalten, waren die CO<sub>2</sub>-Werte schnell grenzwertig. Die Lösung: ein ausreichender und kontinuierlicher Luft-

austausch. Rasch kam die Einrichtung zu dem Schluss, dass hier nur die Installation von Lüftungsgeräten in Frage kommt. Denn Querlüftungen führen zu starken Wärmeverlusten und wären aufgrund der fensterlosen Flure meist nicht im benötigten Ausmaß möglich gewesen.

### Nachhaltige Lösung für bestehende Gebäude

Die EJH machte sich auf die Suche nach einem unkompliziert nachrüstbaren Lüftungssystem und wandte sich an Thomas Senrich vom Lenz Ingenieur-Büro VDI, der auch zuvor schon planungstechnische Arbeiten für die Einrichtung übernommen hatte. Gemeinsam fiel die Entscheidung auf die dezentralen, besonders kompakten und leisen Großgeräte KWL Yoga von Helios Ventilatoren, welche sich durch ihr reduziertes Design sowie ihre schnelle und einfache Installation auszeichnen: Das Verlegen von Lüftungsleitungen entfällt und der Montageaufwand reduziert sich dank der vorkonfigurierten Geräte auf ein Minimum. Mit einer effizienten Wärmerückgewinnung von bis zu 90 Prozent, durch die die Wärme der Abluft auf die kalte Zuluft übertragen wird, stellte KWL Yoga für die Einrichtung eine besonders nachhaltige Investition da. Denn anders als bei geöffneten Fenstern bleibt somit ein Großteil der Heizenergie in den Räumen erhalten. Elke Eppinger, Vorständin der EJH, war am Entscheidungsprozess maßgeblich beteiligt und erinnert sich: „KWL Yoga sagte mir gleich aufgrund der dezenten Optik zu. Aber noch viel wichtiger war mir der geringe Geräuschpegel von höchstens 35 dB(A), damit sich später niemand durch die Geräte gestört fühlt.“



■ In der Evangelischen Jugendhilfe Freiburg-Zähringen und der dazugehörigen Carl-Mez-Schule wurden sieben dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung von Helios Ventilatoren installiert.  
Quelle: Helios Ventilatoren

# Gesund lüften.\*



- \* Unsere neuen, dezentralen Großgeräte mit Wärmerückgewinnung KWL® Yoga sorgen jederzeit für beste und gesunde Luft – selbst nach der 6. Stunde:



Tief durchatmen dank vollautomatischem Luftwechsel



Gesund bleiben dank integrierter CO<sub>2</sub>-Sensorik



Leichtigkeit genießen dank einfacher Nachrüstung durch dezentrale Bauweise

[www.heliosventilatoren.com](http://www.heliosventilatoren.com)



## Raumakustik in Klassenräumen

### Optimale Bedingungen für besseres Lernen



Manfred  
Franz

Die Akustik in Klassenräumen spielt eine entscheidende Rolle bei der Schaffung einer lernförderlichen Umgebung und bei der Gesundheitserhaltung der Lehrkräfte. Eine gute Raumakustik trägt dazu bei, das Lernen zu verbessern, die Konzentration der Schüler zu steigern und die Kommunikation zu erleichtern. Außerdem wird die gesundheitliche Belastung der Lehrkräfte deutlich reduziert.

In vielen Klassenräumen ist die Akustik ein Problem. Harte Oberflächen wie Betonwände und Fliesenböden reflektieren den Schall und führen zu störendem Lärm. Dadurch werden die Schüler abgelenkt und ihre Konzentration beeinträchtigt.

Eine effektive Möglichkeit zur Verbesserung ist die Integration schallabsorbierender Materialien an Wänden und Decken, um die Nachhallzeit im Raum zu reduzieren. Darüber hinaus spielen auch die Anordnung der Möbel und die Raumgestaltung eine wichtige Rolle, denn eine sorgfältige Platzierung vermindert störende Schallreflexionen. Das Gleiche gilt für Teppiche und Vorhänge.

Die Raumakustik beeinflusst nicht nur die Konzentration der Schüler, sondern auch die Verständlichkeit des Lehrers. Bei erhöhtem Nachhall muss der Lehrer lauter sprechen, um gehört zu werden, was zu mehr Anstrengung und Ermüdung führen kann. Eine gute Akustik ermöglicht es dem Lehrer, in einer normalen Lautstärke zu reden, was die Unterrichtsqualität verbessert.

Die Anforderungen an die Raumakustik können je nach Art des Unterrichts variieren. Klassenräume für musikalische Bildung oder Sprachunterricht stellen besonders hohe Anforderungen an die Akustik, um den feinen Nuancen der Musik oder der gesprochenen Sprache gerecht zu werden.

Die Raumakustik ist daher ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche schulische Bildung.

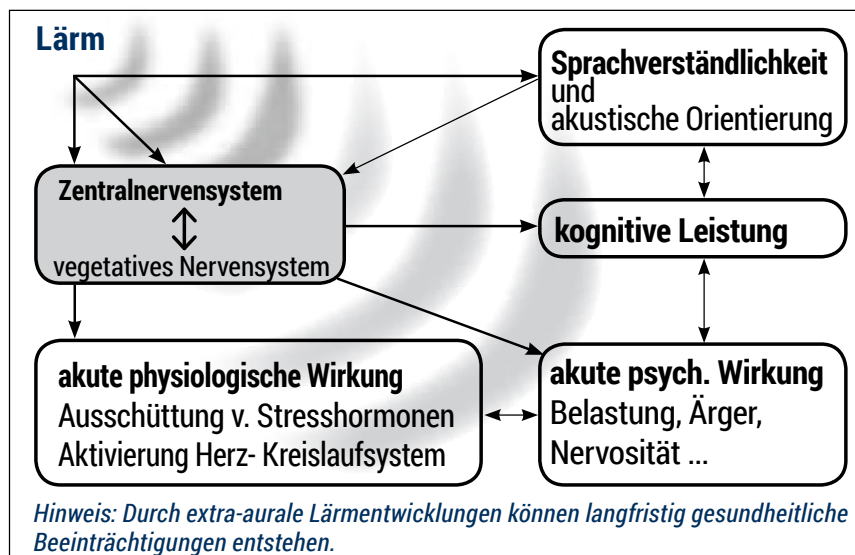
### Maßnahmen zur Verbesserung der Lernumgebung im Einzelnen

Verwendung von schallabsorbierenden Materialien: In gut gestalteten Klassenräumen werden geeignete Materialien eingesetzt, um den Schall zu dämpfen. Dies kann in Form von schallabsorbierenden Deckenpaneelen, Wandverkleidungen, Teppichen oder Vorhängen geschehen.

- Schalldämmung:** Die Verwendung von Schalldämmung in Wänden, Decken und Böden kann dazu beitragen, störende Geräusche von außen und aus benachbarten Räumen fernzuhalten.
- Deckensegel:** Deckensegel sind eine effektive Möglichkeit, die Raumakustik zu verbessern. Sie können so platziert werden, dass sie den Schall in einem Raum gleichmäßig verteilen und störende Schallreflexionen minimieren.
- Flexible Möbelanordnung:** Die Anordnung von Schülertischen und Stühlen sollte so flexibel wie möglich sein, um den Unterrichtsanforderungen gerecht zu werden. Bewegliche Möbel ermöglichen es, den Raum für verschiedene Lernaktivitäten anzupassen und den Schallfluss zu optimieren.
- Lautsprecher Systeme:** In größeren Schulräumen, z. B. Sporthallen, oder bei besonderen Anforderungen kann ein gut geplantes Lautsprechersystem die Sprachverständlichkeit verbessern. Dies stellt sicher, dass alle Schüler die Lehrerstimme klar und deutlich hören können.
- Nachhallzeitkontrolle:** Die Nachhallzeit im Raum sollte angemessen gesteuert werden. Dies bedeutet, dass der Schall nicht zu lange nachklingen sollte, um die Verständlichkeit nicht zu beeinträchtigen, aber auch nicht zu kurz, um den Raum nicht zu „trocken“ klingen zu lassen. Die ideale Nachhallzeit hängt von der Raumgröße und -nutzung ab.

**6. Raumgestaltung:** Die Raumgestaltung, einschließlich der Platzierung von Tafeln, Whiteboards, Pinnwänden und anderen Oberflächen, kann die Raumakustik beeinflussen. Die richtige Positionierung dieser Elemente kann dazu beitragen, störende Schallreflexionen zu minimieren.

**7. Akustische Messungen:** Bei der Gestaltung oder Überprüfung der Raumakustik können akustische Messungen hilfreich sein. Diese können dazu beitragen, die akustischen Eigenschaften des Raums zu quantifizieren und sicherzustellen, dass die gewünschte akustische Qualität erreicht wird.



■ Abb 1.: Vereinfachte Darstellung akuter extra-auraler Lärmwirkungen;  
Bild ASR 3.7 (1) <http://www.baua.de/asr>

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Akustik in Klassenräumen von großer Bedeutung für das Lernumfeld ist.

Durch die Implementierung der genannten Maßnahmen zur Verbesserung der Raumakustik können Schulen eine effektive Lernumgebung schaffen, in der Schülerinnen und Schüler konzentrierter lernen und die Lehrkräfte effektiver unterrichten können.

Verschiedene Normen und Richtlinien legen die akustischen Anforderungen für verschiedene Arten von Räumen, einschließlich Unterrichtsräumen, fest.

**DIN 18041 (Deutschland):** In Deutschland ist die DIN 18041 eine Norm für die akustische Gestaltung von Schulgebäuden. Sie legt Anforderungen an die Raumakustik, einschließlich der Nachhallzeit, für verschiedene Arten von Unterrichtsräumen fest.

**ISO 3382 (International):** Internationale Norm zur Messung der Raumakustik. Sie enthält Leitlinien für die Bewertung von Nachhallzeiten und anderen akustischen Parametern in verschiedenen Arten von Räumen, einschließlich Unterrichtsräumen.

### ASR A3.7 Technische Regeln für Arbeitsstätten „Lärm“

Raumart	Empfohlene Höchstwerte für A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel $L_{pAeq}$ durch Hintergrundgeräusche $L_{pAeq}$ in dB(A)
Konferenzraum, Klassenraum, Schulungsraum, Gruppenraum, Kindertagesstätte, Hörsaal, Seminarraum	35 <sup>1)</sup>
Zweipersonenbüros	40 <sup>1)</sup>
Großraumbüros	45 <sup>1)</sup>
Industrielle Laboratorien	35 <sup>1)</sup> /52 <sup>2)</sup>
Kontroll-/Steuerräume in der Industrie	35 <sup>1)</sup> /55 <sup>2)</sup>
Industrielle Arbeitsstätten	65 <sup>2)</sup> /70 <sup>3)</sup>

1) für maximalen Beurteilungspegel von 55 dB(A) nach Abschnitt 5.1

2) für maximalen Beurteilungspegel von 70 dB(A) nach Abschnitt 5.1

3) kein Beurteilungspegel

Bild ASR 3.7 (2) <http://www.baua.de/asr>

Bei diesen Technischen Regeln geht es um die Konkretisierung der Anforderungen der Verordnung über Arbeitsstätten. Bei Einhaltung dieser Technischen Regel kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind. Wird eine andere Lösung gewählt, müssen damit mindestens die gleiche Sicherheit und der gleiche Schutz der Gesundheit für die Beschäftigten erreicht werden.

Diese Normen und Richtlinien dienen dazu, sicherzustellen, dass die Raumakustik in Bildungseinrichtungen den pädagogischen

und gesundheitlichen Anforderungen entspricht und eine effektive Kommunikation und Konzentration im Unterricht ermöglicht. Dies kann dazu beitragen, eine optimale Lernumgebung zu schaffen, in der Schülerinnen und Schüler effektiv lernen können.

Die Investition in eine gute Raumakustik ist somit eine Investition in die Bildung der Schülerinnen und Schülern und eine Investition zur Gesunderhaltung der Lehrkräfte und somit eine Pflichtaufgabe für den Schulträger und die Politik.



## Atmosphäre im Schulbau – Die Wirkungen von Farbe und Licht

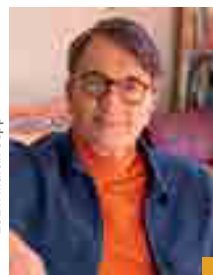
Die Natur hat seit jeher eine faszinierende Wirkung auf uns Menschen. Doch wussten Sie, dass schon ein einfacher Blick auf die Natur oder eine naturnahe Innenraumgestaltung erhebliche positive Auswirkungen auf das Wohlbefinden, die Gesundheit und Arbeitsmotivation aller Nutzer haben kann? Dieses Phänomen wird in verschiedenen wissenschaftlichen Bereichen – von der Psychologie über die Neurowissenschaften bis hin zu den Umweltwissenschaften – intensiv erforscht. Ich selbst schaue mir dabei am Institut für Farbpsychologie der Bergischen Universität Wuppertal den Einfluss der Raumatmosphäre – genauer gesagt, die Wirkungen von Licht- und Oberflächenfarben - auf den Menschen in Theorie und Praxis an. Die Gestaltung einer gesunden, lernförderlichen und wertschätzenden Atmosphäre geht weit über den Einsatz von Pflanzen, nachhaltigen Baustoffen und natürlichen Materialien hinaus. Die entscheidenden Elemente für die Gestaltung der Raumatmosphäre ist der gezielte Einsatz von Farben und Licht. Das ist keine triviale Aufgabe, denn die Verarbeitung der Umweltinformationen, die uns über die das Farbspektrum des Umgebungslichts erreichen, beansprucht mehr als 60 % der neuronalen Ressourcen unseres Gehirns. Der Mensch nimmt im Durchschnitt mehr als 20 Millionen Farbtöne wahr. Die Anzahl der Sandkörner auf der Erde oder der Sterne im beobachtbaren Universum kommt bei weitem nicht an die Zahl der hierdurch möglichen Farbkombinationen heran. Ich selbst arbeite tagtäglich mit den größten verfügbaren Farbdesignsystemen, die aus etwa 2000 genormten Farbtönen bestehen. Selbst hier erreicht die Zahl der möglichen Farbkombinationen etwa 2 Millionen, wenn man sich auf ein Farbenpaar beschränkt. Bei einer Kombination aus 3 Farben gibt es schon 1,3 Milliarden mögliche Kombinationen. Sie können sich selbst ausmalen, wie groß die Herausforderung einer harmonischen Farbgestaltung für ein Interior, ein Gebäude oder einen Stadtraum ist.

### Die biologischen und kulturellen Funktionen der Farbwahrnehmung

Die evolutionäre Funktion der Farbwahrnehmung ist die Verhaltenssteuerung. Die sieben biologischen und kulturellen Funktionen der Farbe sind Orientierung, Gesundheit, Warnung, Tarnung, Werbung, Status und Verständigung. Im Zentrum der modernen evidenzbasierten Farbpsychologie steht daher nicht die Schönheit der Farben, sondern die vielfältigen Wirkungen, welche von der Licht- und Farbgestaltung unserer Umwelt auf das menschliche Erleben und Verhalten – bzw. Faktoren wie das Wohlbefinden und die Gesundheit, die

„Farbe ist eine Kraft, die direkt auf die Seele wirkt.“ - Henri Matisse

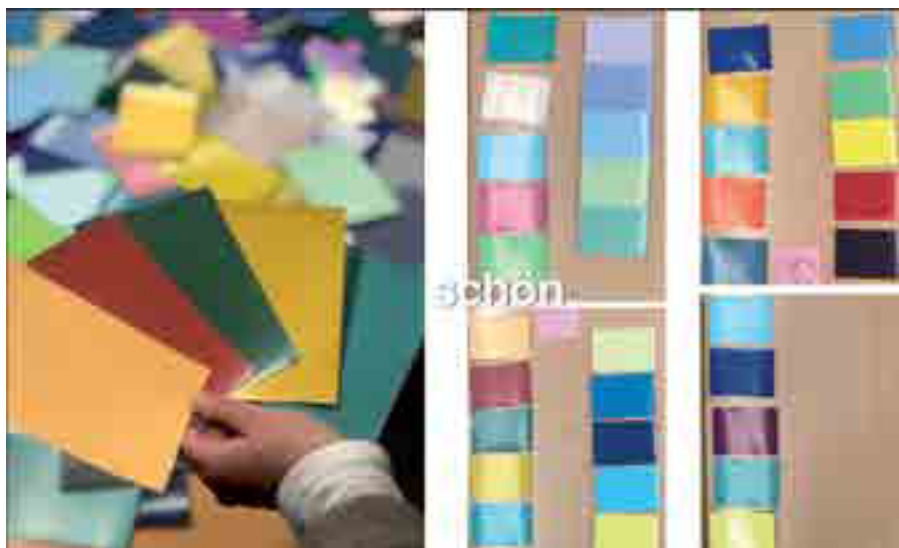
Zufriedenheit und Identifikation oder das Leistungsvermögen und die Arbeitsmotivation - ausgehen. Farbe ist das größte und vor allem leistungsfähigste Kommunikationssystem der Natur, was allein schon der Aufwand belegt, den ein Organismus in die Produktion und Verteilung von körpereigenen Farbstoffen und die neuronalen Kapazitäten für das Farbsehen investieren muss. Der größte Aufwand steckt in der Produktion des Seheindrucks, der uns natürlich viel mehr zu erzählen hat als die Farben, aus denen er besteht. An der Buntheit der Natur zeigt sich das Maß an Biodiversität, von der Buntheit lässt sich auf die Vielfalt der Flora und Fauna schließen. Jenseits der Biologie lebt jeder Mensch in seiner eigenen Farbkultur, die wir mit denen teilen, die unter vergleichbaren ökologischen, kulturellen und sozio-ökonomischen Bedingungen aufgewachsen sind. Unser Farbwissen ist an die Situationen bzw. Kontexte gebunden, in denen wir es erworben haben, weshalb Farben nicht nur Bedeutungen, sondern auch Werte symbolisieren. Durch den kulturellen Gebrauch von Farben bilden sich charakteristische Farbmilieus, die offenlegen, wie die Farbensprache im Alltag funktioniert. Farbmilieus und Farbpräferenzen werden nicht nur durch kulturelle Faktoren wie Bildung, Wohlstand, Religion und Politik geprägt, sondern ebenso durch Umweltfaktoren wie Klima, Topografie und Vegetation. In modernen Gesellschaften, die stark von der Neugier, Reiselust und Toleranz ihrer Bürger wie auch von Migration geprägt sind, nimmt zugleich die Farbenvielfalt stetig zu. Buntheit ist nicht nur eine Metapher, sondern ein Seismograf für die Offenheit einer Gesellschaft. Autoritäre Gesellschaften tendieren hingegen zu einem tristen Einheitsgrau, das nicht nur die vorherrschende Atmosphäre, sondern auch das Lebensgefühl der Menschen charakterisiert.



2021: Martin Jepp

Prof. Dr.  
Axel Buether

Institut für Farb-  
psychologie Bergi-  
sche Uni. Wuppertal



■ Prof. Axel Buether



### Bedürfnisorientierte Farbgestaltung

Farben sind nicht nur Botschaften, die uns Bedeutungen vermitteln und unser Verhalten steuern. Sie prägen auch die Gestaltung unserer Lebenswelt, sorgen für Wiedererkennbarkeit und gewinnen so intuitiv unser Vertrauen. Theoretisch sind wir völlig frei, Farben auch komplett unabhängig von ihren Bedeutungen und Wirkungen einzusetzen. Praktisch ist das jedoch nahezu unmöglich, denn unser Farbgebrauch wird von Konventionen bestimmt. Farben sind Symbole, nicht anders als die Worte unserer Sprache, die wir auch nicht willkürlich austauschen oder verändern können, ohne massive Verständnisprobleme zu erzeugen. Eine Gestaltungsidee kann nur dann funktionieren, wenn alle wichtigen Umweltfaktoren Berücksichtigung finden. An dieser Stelle kommt die Wissenschaft ins Spiel. Ein Gefühl wie Harmonie ist zwar subjektiv, doch alles andere als zufällig. Harmonische Farbgestaltungen sind sehr gut planbar und evaluierbar. Wir erkennen sie am Maß der Zufriedenheit der betroffenen Menschen mit ihrer Lebensumwelt, an ihrem Wohlbefinden und ihrer Gesundheit. Bevor wir heute anfangen, mit Licht und Farben zu gestalten, müssen wir uns daher zuerst einmal darum bemühen, die individuellen Bedürfnisse der Menschen wie auch den Kontext ihrer Lebens- und Arbeitssituation zu verstehen.

### Einfluss von Licht und Farben auf Gesundheit und Wohlbefinden

Ein Beispiel aus meiner eigenen Gestaltungspraxis zeigt, welchen Einfluss Licht und Farben auf das Wohlbefinden, die Gesundheit sowie die Arbeits- und Lebensqualität von Menschen haben. Es demonstriert zugleich, wie sich diese Wirkungen systematisch planen und evaluieren lassen. Anlass für dieses Projekt war die anstehende Renovierung von drei Intensivstationen, die zuvor

einheitlich mit einem gelblich abgetönten Weißton gestrichen waren. Der Wunsch nach einer neuen Farbgestaltung kam vom Pflegepersonal, das in der Intensivmedizin im Schichtbetrieb arbeitet und extremen seelischen wie körperlichen Arbeitsbelastungen ausgesetzt ist. Patienten wie Personal sollten gleichermaßen von der neuen Farbgestaltung profitieren. Im Dialog mit der medizinischen Leitung wurde uns die Frage gestellt, ob wir mit der neuen Farbgestaltung vielleicht sogar etwas für die „Delir-Prävention“ tun könnten. Ein Delir ist eine zerebrale Aufmerksamkeits- und Bewusstseinsstörung, die mit einer deutlichen Erhöhung der Sterblichkeit, einer bis zu zehn Tage längeren Aufenthaltsdauer im Krankenhaus und einem schlechteren

Behandlungsergebnis einhergeht. Das war für alle beteiligten Personen eine große Herausforderung, denn das hatte bisher noch niemand versucht. Können wir allein durch die Änderung von Licht und Farben Leiden mindern oder gar Leben retten?

Der Projekterfolg war überwältigend, was die Beteiligten umso mehr erstaunt hat, da sich die weitgehend kostenneutrale Renovierungsmaßnahme auf den Anstrich von Wänden und Decken sowie das Auswechseln der Leuchtmittel beschränken sollte. Werfen wir zuerst einen Blick auf die Ergebnisse der Begleitstudie, bevor wir zu den Gestaltungsprinzipien kommen. Das subjektive Wohlbefinden der Patienten hat sich nach der farblichen Umgestaltung um bis zu 50 % verbessert. Die Patienten gaben an, sich deutlich privater, geborgener und behüteter zu fühlen. Auch das Personal wirkte auf die Patienten nach der farblichen Umgestaltung deutlich entspannter (Verbesserung um fast 40 %), wodurch sich als schöner „Nebeneffekt“ auch die gefühlte Zufriedenheit mit der Pflege um fast 30 % verbessert hat. Ein Jahr darauf haben wir uns den Einfluss der Farb- und Lichtgestaltung auf den Medikamentenverbrauch angesehen mit einem Ergebnis, das in dieser Deutlichkeit überrascht: Der Verbrauch von Psychopharmaka – Neuroleptika, die auch zur Delir-Prävention eingesetzt werden - ging im Vergleichszeitraum um etwa 30 % zurück. Das ist schon allein deshalb von Bedeutung, da sich die Rate der Schlaganfälle und die Mortalität bei neuroleptischer Dauertherapie um den Faktor zwei bis vier erhöhen.

### Weniger Stress, mehr Zufriedenheit

Einfach, aber extrem wirksam war der Ersatz aller vorhandenen Leuchtstofflampen durch handelsübliche Vollspektrum-LED-Leuchten mit deutlich besseren Farbwiedergabeeigenschaften.



Ein Index von 90 besagt, dass 90 % aller Buntfarben so wiedergegeben werden, wie wir es vom Tageslicht gewohnt sind. Vorher waren es nach Schätzungen allenfalls 60 %. Schlechtes Licht ist nicht nur ein Motivationskiller, sondern verringert auch die Lebensfreude. In schlechtem Licht erscheinen Menschen blass, besorgt oder gar empathielos, jedes Essen wirkt unappetitlich, das Zimmer lieblos und kalt. Patientenzimmer und Aufenthaltsräume wurden daher mit warmweißem LED-Licht ausgestattet, damit sich die Menschen dort besser entspannen und schneller regenerieren können. Flure und Arbeitsräume erhielten hingegen kaltweißes Tageslicht, um einen Atmosphärenwechsel zu schaffen, der wichtige Verhaltensänderungen bewirkt. Beim Eintritt in die Patientenzimmer und Aufenthaltsräume des Personals findet jetzt eine spürbare Entschleunigung statt, die zugleich mit einer Verbesserung der Lärmsituation einhergeht. Die gefühlte Geräuschkulisse verbesserte sich um bis zu 30 %.

Die Orientierung der Angehörigen wird auf den langen Gängen durch ein Farbleitsystem unterstützt, das im Gegensatz zu Nummerierungen völlig intuitiv funktioniert und auch in psychischen Belastungssituationen wahrnehmbar bleibt. Die Farbigekeit der Patientenzimmer wurde so gewählt, dass hierdurch Gefühle wie Sicherheit, Vertrauen und Geborgenheit aktiviert werden. Die leichte Variation der Farbtöne betont die Individualität der Patienten und fügt sich zugleich harmonisch in die Gesamtkomposition der Station ein. Die Bewertung der Arbeitsumgebung verbesserte sich beim Personal aller Intensivstationen daher auch um bis zu 40 %. Gleich mehrere Personen berichteten uns davon, dass die neue Farbgebung ihnen ihre Arbeit spürbar erleichtert.

In den Pausenräumen sorgt der „Atmosphärenwechsel“ für eine sofortige Stressreduktion beim Personal, das in der neuen Umgebungssituation nach eigener Einschätzung sehr viel leichter zu entspannenden Gedanken und anregenden Gesprächsthemen finden kann. Spürbare Verbesserungen nahmen auch die Ärztinnen und Ärzte wahr. Die gewählten Raumfarben stärken ihre Seriosität und Glaubwürdigkeit, ohne verängstigten und besorgten Angehörigen den Eindruck von Gefühlskälte zu vermitteln. Die Identifikation mit dem Arbeitsplatz verbesserte sich beim gesamten Personal um mehr als 50 %, und der Krankenstand verringerte sich über den Zeitraum eines Jahres um etwa 30 %, was in Zeiten des Fachkräftemangels ein deutliches Zeichen setzt.

### Was bedeuten diese Erkenntnisse für den Schulbau?

Viele Anfragen, die mich seit der Veröffentlichung meiner Studien in Krankenhäusern, Pflegeeinrichtungen und Therapiezentren von Lehrern, Schulleitungen und Verwaltungen erreicht haben, offenbaren ein stetig wachsendes Problembewusstsein für dieses gesellschaftlich bedeutsame Handlungsfeld. Verschiedene Workshops mit Lehrern, Schülern und Verwaltungen haben uns gezeigt, dass signifikante Auswirkungen der Farb- und Lichtgestaltung auf das Wohlbefinden, die Gesundheit und Arbeitsmotivation von Schülern und Lehrern zu erwarten sind. Voraussetzung ist jedoch, dass die Schule konkrete Bedürfnisse äußern kann, die von einem Leitbild ausgehen, das Anforderungen an zeitgemäße Lernformen, Digitalität und Inklusion benennt. Denn Kunstprojekte in Höfen, Treppenhäusern und Fluren sowie Anstriche im gesamten Haus,



■ Prof. Axel Buether

neue Bodenbeläge, Leuchten und Möblierungen bleiben Stückwerk, wirken kontraproduktiv oder sind sogar eine Fehlinvestition, wenn die Ziele der Farb- und Lichtgestaltung nicht klar benannt sind. Ich war vor wenigen Tagen zur Bemusterung der neuen Farbgestaltung in der Kinderintensivstation vom Universitätsklinikum Mainz, wo mich die Mitarbeiter zu Hilfe gerufen haben, um die Folgen einer gut gemeinten, aber funktional komplett verunglückten Kunstaktion zu beheben. Bunte Farben dürfen auch im Schulbau kein Selbstzweck sein! Eine funktionale Farbgestaltung muss nicht teuer sein, wie viele unserer Projekte gezeigt haben. Sie kann in den finanziellen, zeitlichen und organisatorischen Rahmen von Renovierungen, Sanierungen, Um- und Neubauten problemlos eingebettet werden. Wir gestalten gerade in einem partizipativen Prozess mit den Mitarbeitern, der Leitung und dem Amt eine Ersatzschule mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Darüber hinaus haben wir schon mehrere Schulprojekte angefangen, die noch nicht zum Abschluss gekommen sind. Mit den folgenden Bildern erhalten Sie einen guten Überblick von dem partizipativen Prozess mit Vertretern von Nutzern, Verwaltung und Politik, der jede funktionale Farbgestaltung begleiten muss.



### Buch-Tipp



**Axel Buether:**  
*Die geheimnisvolle Macht der Farben. Wie sie unser Verhalten und Empfinden beeinflussen, Droemer München 2020.*

## Schulen im Wandel: Licht wird digital und flexibel

Mit Human Centric Lighting aktiv den Unterricht gestalten



**Dr. Jürgen  
Waldorf**

Branchenini-  
tiative licht.de

*Der Sanierungsstau in deutschen Schulen ist enorm. Und nicht nur die Gebäude sind veraltet: In vielen Bildungsstätten sind die Beleuchtungsanlagen noch für Leuchtstofflampen ausgelegt – die es nach dem Willen der Europäischen Union in absehbarer Zeit nicht mehr geben wird. Das heißt, die Beleuchtung muss umgerüstet oder, besser noch, modernisiert werden. Eine Lichtsanierung eröffnet auch die Chance, marode Gebäude in lernförderliche Umgebungen zu verwandeln, in denen gerne gelernt und gelehrt wird. Die Beleuchtung von Schulen und Bildungseinrichtungen ist eine anspruchsvolle, aber lohnenswerte Aufgabe: Denn je besser das Licht an die jeweiligen Lernsituationen angepasst ist, desto mehr Informationen können aufgenommen, verarbeitet und abgespeichert – also erlernt – werden. In der Königsdisziplin Human Centric Lighting kann Licht sogar die Aufmerksamkeit fördern und das Konzentrationsvermögen steigern.*

Lange Zeit stand die Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen im Fokus des Interesses. Das hat sich geändert: Mit dem Siegeszug der sparsamen und gut steuerbaren LED-Lichtquellen rückt die Beleuchtungsqualität wieder in den Vordergrund. Denn heute kann Licht viel mehr als nur „An“ oder „Aus“: Intelligentes Lichtmanagement steuert die Beleuchtung energieeffizient und situationsgerecht.

### Für jede Tätigkeit das richtige Licht

In Berufsschulen gibt es neben Unterrichtsräumen auch unterschiedliche Fachräume wie Werkstätten, Labore und Medienräume. Überall sollte das Beleuchtungsniveau bei mindestens 500 Lux liegen. Je nach Tätigkeit kann aber auch eine höhere Lichtmenge nötig sein, beispielsweise 750 bis 1.000 Lux beim Zeichnen. Die Arbeitsstättennorm DIN EN 12464-1 nennt für die unterschiedlichen Bereiche und Tätigkeiten genaue Anforderungen, unter anderem Beleuchtungsstärke, Blendungsbegrenzung und Farbwiedergabe.



Foto: licht.de/Think

■ *Beleuchtungslösungen mit ausgewogenen Kontrasten und blendfreiem Licht lassen Schülerinnen und Schüler mit Büchern und Computern arbeiten, ohne dass die Augen ermüden.*

Vorteilhaft sind Lichtmanagementsysteme besonders in Räumen, in denen sich die Nutzung oft ändert. Auf verschiedene Tätigkeiten und Unterrichtszwecke abgestimmte Lichtszenen lassen sich per Steuerdisplay einfach und komfortabel abrufen – etwa für eine Lehrveranstaltung, einen Vortrag oder eine Medientvorführung. Lichtmanagement und Lichtszenen sollten so detailliert geplant werden wie das Lichtkonzept. Sie müssen intuitiv bedienbar sein und dem Nutzer auch den freien manuellen Eingriff gestatten. Das ist bereits mit vielen vorkonfigurierten oder vorkonfigurierbaren Systemen für Bildungseinrichtungen möglich.

### Tageslicht kostet nichts u. Präsenzerfassung spart Energie

Lernumgebungen und Arbeitsplätze sollten möglichst viel Tageslicht bekommen und eine Sichtverbindung nach außen haben, empfehlen Arbeitsstättenverordnung und -regel ASR A3.4. Lichtsteuerungen geben nur dann künstliches Licht hinzu, wenn das einfallende Tageslicht nicht ausreicht. Das spart viel Energie. Auch Präsenzerfassung trägt zur Strom einsparung bei: Unterrichtsräume sind über den Tag hinweg oft nicht konstant belegt und leere Räume brauchen kein Licht. Eine Präsenzerfassung schaltet das Licht automatisch an und aus, wenn der Raum betreten oder verlassen wird. Prädestiniert dafür sind auch Flure, die während des Unterrichts nur selten aufgesucht werden, weil die Schülerinnen und Schüler in ihren Klassen sind. Besser als das Licht ganz auszuschalten ist es jedoch, die Beleuchtung auf ein Mindestmaß zu dimmen. Lichtmanagement erfordert eine hohe Kompatibilität der beteiligten Komponenten. Mit einer Steuerung wird die Wartung deutlich einfacher und günstiger. Zudem kann ein Notlichtsystem eingebunden werden.

### Human Centric Lighting für helle Köpfchen

Moderne Beleuchtungskonzepte können noch viel mehr: Sie unterstützen den Biorhythmus der Anwesenden, verbessern das Schlafverhalten und verhelfen so zu mehr Wohlbefinden. Studien an Bildungseinrichtungen belegen: Mit einer biologisch wirksamen Beleuchtung arbeiten Schüler konzentrierter, schneller und zeigen bessere Leistungen. Human Centric Lighting (HCL) berücksichtigt neben den visuellen Anforderungen auch biologische und emotionale Aspekte.

Dabei orientiert sich HCL am natürlichen Verlauf des Tageslichts: Morgens ist es heller, die Blauanteile im Licht sind höher. Es kommt flächig von oben. Der Körper wird dadurch in eine Art Betriebsmodus versetzt. Gegen Abend steigen die Rotanteile, die Beleuchtungsstärke sinkt und punktuell Licht dominiert: Der Körper kann zur Ruhe kommen. Langfristig wird der circadiane Rhythmus – der biologische Rhythmus mit einer Dauer von etwa



■ *Staub kann sich entzünden. Deswegen sind in Werkräumen Leuchten angebracht, die gegen Entzündung und Entflammung geschützt sind.*  
(Foto: licht.de/Ridi)

24 Stunden – gestärkt, der Schlaf erholsamer und das Wohlbefinden steigt.

### Licht taktet die innere Uhr

Die Sonne geht auf, wir werden wach. Der Abend dämmt, wir werden müde. Warum funktioniert das? Registriert werden die unterschiedlichen Beleuchtungen von den dritten Zellen im Auge, denn neben Stäbchen und Zapfen gibt es Fotorezeptoren, die empfänglich für nichtvisuelle Lichtwirkungen sind.

Sie haben eine direkte Verbindung zum Gehirn. Von dieser Master Clock werden Hormone ausgesandt oder unterdrückt. Am Morgen werden stimmungsaufhellendes Serotonin und das stoffwechselanregende Stresshormon Cortisol ausgeschüttet.

Abends produziert die Epiphyse (Zirbeldrüse) wieder den Müdemacher Melatonin. HCL macht sich diese Erkenntnisse zunutze und setzt zur richtigen Zeit die richtigen Impulse für den Körper.

### Ruhe auf Knopfdruck?

Darüber hinaus können Lichtszenen exakt an die jeweilige Unterrichtssituation angepasst werden und die Atmosphäre gänzlich verändern. Drei besondere Effekte können den Schulalltag deutlich erleichtern:

#### 1) Aktivierung

Erhöhte Aufmerksamkeit mit höheren Farbtemperaturen (mindestens 5.000 Kelvin), Beleuchtungsstärken und Anteilen direkten Lichts –



■ *Vertikale Tafel- und Präsentationsflächen brauchen eine gleichmäßige und ausreichend helle Beleuchtung, damit der ständige Blickwechsel zwischen dem eigenen Pult und der Tafel Schülerinnen und Schüler nicht anstrengt.*  
(Foto: licht.de/Trilux)

eine willkommene Unterstützung bei Klassenarbeiten oder Leseaufgaben.

#### 2) Diskussion

Für mehr Ruhe bei der Gruppendiskussion sorgen warme Lichtfarben und ein hoher indirekter Lichtanteil bei mittlerer Wandhelligkeit.

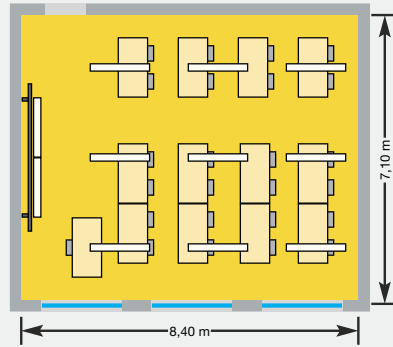
#### 3) Entspannung

Damit die Bewegungsunruhe nachlässt oder etwa nach Prüfungen Entspannung einkehrt, sind ein geringeres Beleuchtungsniveau, Farbtemperaturen von maximal 3.000 Kelvin und indirektes Licht gefragt. Davon profitieren Lernende und Lehrende. Welche Erfahrungen Pilotprojekte mit dem fortschrittlichen Beleuchtungskonzept gesammelt haben, dokumentiert der Film von licht.de „Human Centric Lighting“ in der Langversion – zu sehen auf [www.licht.de/videos](http://www.licht.de/videos).

### Besser lernen in neuem Licht

Das Heft licht.wissen 02 „Lernen in neuem Licht“ der Brancheninitiative licht.de bündelt auf 72 Seiten alle Informationen für die Beleuchtung von Kindergärten, Schulen, Universitäten und weiteren Lernumgebungen. Die Fachpublikation gibt Hinweise und Anregungen zur Lichtplanung für alle Orte des Lernens und Unterrichtens. Sie richtet sich an Kommunen, Träger, Schulleiter, Lichtplaner und Architekten.

## Sanierungsbeispiel Klassenraum



Energieeinsparung  
**85%**

	Altanlage	Neuanlage
	T8-Leuchte 2 x 58 W opale Wanne	Abgehängte Leuchte mit Mikrop Prismatik und veränderlicher Farbtemperatur für Allgemein- und Tafelbeleuchtung
Anzahl Leuchten	6	9 + 2
Systemleistung pro Leuchte	132 W	44 W/37 W
Max. Beleuchtungsstärke	–	750 lx
Effektive Betriebsstunden/Jahr	1.400	482*/560**
Energie/Jahr	1.109 kWh	169 kWh
<b>Energieeinsparung</b>		<b>85 %</b>

\* Die effektiven Betriebsstunden resultieren aus der tageslichtabhängigen Konstantlichtregelung der Beleuchtung auf einen Sollwert von 500 lx sowie der Zu- und Abschaltung des Lichts bei ausreichendem Tageslichtangebot oder bei Abwesenheit von Personen.  
\*\* Die effektiven Betriebszeiten der Tafelbeleuchtung resultieren aus bedarfsgerechter, manueller Zu- und Abschaltung des Lichts sowie der automatischen Abschaltung bei Abwesenheit von Personen.

im Umfang von 750 Lux (lx) mit Bezug auf die Empfehlung aus DIN EN 12464-1: Lichtmanagementsystem zur circadianen Steuerung der Farbtemperatur, Anwesenheitsfunktion und dem Abspielen vordefinierter Lichtszenen. (Grafik: licht.de)

Das Sanierungsbeispiel eines Unterrichtsraumes zeigt die europäische Beleuchtungsnorm DIN EN 12464-1 inzwischen eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 Lux vor – früher waren es nur 300 Lux. Durch Verschmutzung und Materialalterung erreichen zudem die Anlagen oft nicht mehr das Beleuchtungsniveau, das sie nach ihrer Installation hatten. Um ihre Lichtqualität den heutigen Maßstäben anzupassen, ist in den meisten Fällen eine Sanierung angebracht, die für Bestandsbauten grundsätzlich in Betracht zu kommen. Ein idealer Fall ist eine Energieeinsparung von bis zu 85 Prozent möglich. Dabei sind die Leuchten auf eine maximale Beleuchtungsstärke von 750 Lux (lx) ausgelegt. DIN EN 12464-1 fordert mindestens 500 Lux im Klassenraum, früher waren es nur 300 Lux. Unter bestimmten Voraussetzungen kann der Wartungswert der Beleuchtungsstärke aber auch erhöht werden, wie in diesem Beispiel. Das Lichtmanagementsystem bietet eine circadiane Steuerung der Farbtemperatur, Anwesenheitsfassung sowie tageslichtabhängige Regelung auf einen permanenten Sollwert von 500 Lux. Vordefinierte Lichtszenen lassen sich abspielen. Zudem gibt es eine manuelle Dimm-Funktion. (Grafik: licht.de 2023)

- Raum**
- Größtmögliche Tageslichtnutzung
  - Helle Wände, Decken und Böden
- Leuchten**
- Hohe Lichtausbeuten
  - Effiziente Lichtverteilung durch optimierte Optiken für die jeweilige Anwendung

## Editorial

### 28 Editorial licht.wissen 02

Können Sie sich noch an Ihre ersten Schulstunden erinnern? Und wissen Sie noch, was für eine Beleuchtung sich im Klassenzimmer an der Decke befand? Schon möglich, dass Ihnen dies entfallen ist, weil für Kinder andere Dinge interessant sind und weil der Schulraum jeweils gut mit Tageslicht versorgt war. Nur im Winter musste in den Bandstunden das Licht eingeschaltet werden. Das ergab eine gemütliche, anheimelnde Stimmung. Ich kann mich noch gut daran erinnern, dass es einzelne Schüler gab, und es waren immer die gleichen, die sich beschwerten, dass die Wandtafel nichts sehen zu können. Das war ein gespiegelte anheimelnde Stimmung.



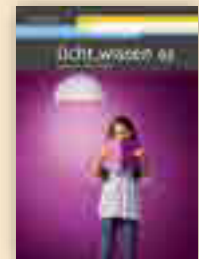
Können Sie sich noch an Ihre ersten Schulstunden erinnern? Und wissen Sie noch, was für eine Beleuchtung sich im Klassenzimmer an der Decke befand? Schon möglich, dass Ihnen dies entfallen ist, weil für Kinder andere Dinge interessant sind und weil der Schulraum jeweils gut mit Tageslicht versorgt war. Nur im Winter musste in den Bandstunden das Licht eingeschaltet werden. Das ergab eine gemütliche, anheimelnde Stimmung. Ich kann mich noch gut daran erinnern, dass es einzelne Schüler gab, und es waren immer die gleichen, die sich beschwerten, dass die Wandtafel nichts sehen zu können. Das war ein gespiegelte anheimelnde Stimmung.

Ich kann mich noch gut daran erinnern, dass es einzelne Schüler gab, und es waren immer die gleichen, die sich beschwerten, dass die Wandtafel nichts sehen zu können. Das war ein gespiegelte anheimelnde Stimmung.

Inzwischen ist mir zudem als Hochschullehrer bewusst, dass ich den Sichtkontakt mit den Studenten nicht durch eine blendende Podiumsbeleuchtung verlieren darf. Kurz gesagt: Gute Beleuchtung macht sich dadurch bemerkbar, dass sie nicht bemerkt wird. Das ist aber nicht alles. Gute Beleuchtung kann mehr als nur nicht zu stören. Sie ist Voraussetzung für gute Kommunikation zwischen Lehrer und Schülern und zwischen den Schülern untereinander. Sie ist Voraussetzung für gute Kommunikation zwischen Lehrer und Schülern und zwischen den Schülern untereinander – auch während Medieneinführungen und im Gruppenunterricht. Sie ermöglicht es, Unterrichtsmedien und Materialien beschwerdefrei und effizient lesen und bearbeiten zu können. Sie dient auch der Sicherheit in Werkstätten, Laboratorien und Sporthallen. Und sie wirkt sich nicht nur auf die visuelle Wahrnehmung, sondern auch auf das Konzentrationsvermögen und damit den Lernerfolg der Schüler positiv aus. Gute Beleuchtung macht sich dadurch bemerkbar, dass sie nicht bemerkt wird. Das ist aber nicht alles. Gute Beleuchtung kann mehr als nur nicht zu stören. Sie ist Voraussetzung für gute Kommunikation zwischen Lehrer und Schülern und zwischen den Schülern untereinander. Sie ist Voraussetzung für gute Kommunikation zwischen Lehrer und Schülern und zwischen den Schülern untereinander – auch während Medieneinführungen und im Gruppenunterricht. Sie ermöglicht es, Unterrichtsmedien und Materialien beschwerdefrei und effizient lesen und bearbeiten zu können. Sie dient auch der Sicherheit in Werkstätten, Laboratorien und Sporthallen. Und sie wirkt sich nicht nur auf die visuelle Wahrnehmung, sondern auch auf das Konzentrationsvermögen und damit den Lernerfolg der Schüler positiv aus.

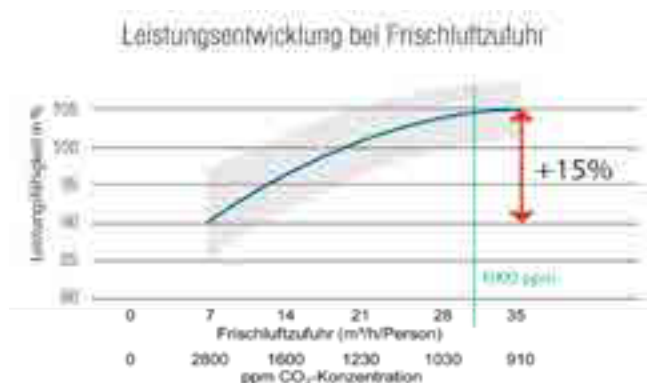
der Schüler positiv aus. Die gemütliche Stimmung darf heute zwar nicht mehr mit ineffizienten Glühlampen erzeugt werden, aber das Wohlbefinden zu verbessern und ein Gleichgewicht zwischen Aktivierung und Erholung zu unterstützen, sind für das Lernen weiterhin wesentliche Aufgaben guter Beleuchtung. Heute sitzen die Schüler nicht mehr immer am gleichen Platz. Die Unterrichtsmethoden sind vielfältiger geworden, eine starre Sitzordnung ist höchstens noch in Hörsälen zu finden und die klassische Wandtafel wird mit einer Vielzahl von Unterrichtsmedien ergänzt, die ihre spezifischen Anforderungen an die Beleuchtung stellen. Für eine gute Beleuchtung genügt es daher nicht mehr, sie nur ein- und ausschalten zu können. Moderne Technologien des Lichtmanagements ermöglichen es, auf verschiedene Unterrichtsbedürfnisse gezielt einzugehen – von der dunklen, geheimnisvollen Nische im Kindergarten über die Schreibbeleuchtung bei Vorführungen mit Datenprojektoren bis zur Bühnenbeleuchtung für Theateraufführungen. Ich wünsche mir, dass Behörden, Lehrende und Lichtplaner die Schrift licht.wissen 02 als Hilfe und Ideenlieferant für die Gestaltung des Lichts von Unterrichtsstätten verstehen und nutzen werden. Das Ziel besser lehren und lernen zu können, ist eines der wichtigsten für die Zukunft unserer Gesellschaft. Gutes Tages- und Kunstlicht kann dies hervorragend unterstützen.

Univ.-Prof.  
Dr. Christoph Schierz  
Technische Universität  
Ilmenau

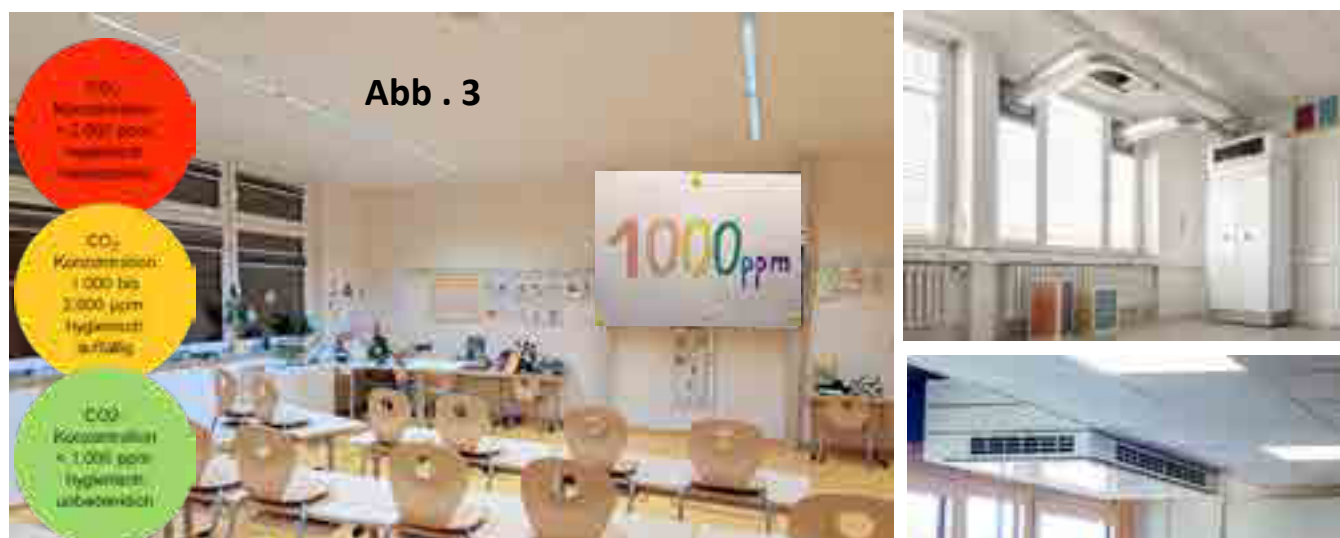


## Fachverband Gebäude-Klima - Wir setzen uns für gute Luft ein!

Gute Luft ist für Menschen unerlässlich. Bei der Atmung wird Sauerstoff ein- und Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) ausgeatmet. In vollbesetzten Klassenräumen kommt es dadurch schnell zu schlechter, stickiger Luft mit einem hohen Kohlendioxidgehalt. Schüler können sich schlechter konzentrieren, sind weniger leistungsfähig, werden schneller müde und bekommen Kopfschmerzen. Eine ständige Frischluftzufuhr fördert den körperlichen und geistigen Zustand der Schüler und Lehrkräfte. Das bewirkt eine angenehmere Lernatmosphäre und bessere Leistungen.



Die Ansprüche an Bildungsgebäude sind in Folge neuer Bildungskonzepte und veränderter Raumnutzung gestiegen. Der Einsatz moderner Lüftungstechnik sorgt für eine hohe Raumluftqualität. Dadurch steigen die Leistungsfähigkeit und die Behaglichkeit. Darüber hinaus senkt eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung die Lüftungswärmeverluste ganz erheblich. Sie trägt so zum Klimaschutz bei und senkt die Energiekosten. Mit zentralen, dezentralen und hybriden Systemen werden Lösungen für die Nachrüstung und für Neubauten angeboten.

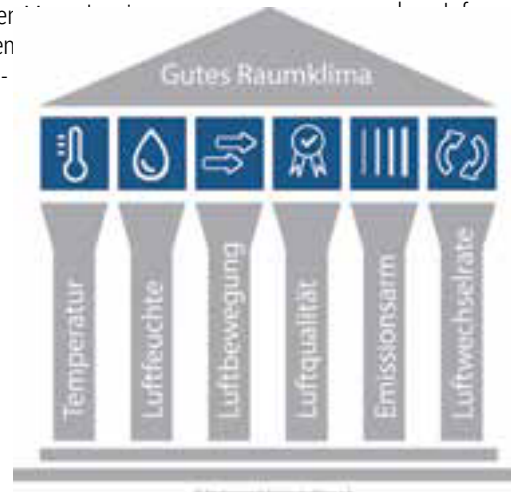


Dezentrale Lüftungstechnik kann unproblematisch im Wand- oder Deckenbereich nachgerüstet werden und nimmt dabei kaum mehr Platz als ein Wandschrank in Anspruch.

# Hohe Innenraumqualität und Klimaschutz

In seiner mehr als 50-jährigen Geschichte entwickelte sich der Fachverband Gebäude-Klima e. V. (FGK) zum führenden Branchenverband der deutschen Klima- und Lüftungswirtschaft. Zu den wichtigsten Zielen gehören eine hohe Raumluftqualität und ein gesundes Innenraumklima. Denn die meisten unserer Breiten verbringen rund 90 Prozent der Zeit in Innenräumen: zu Hause, in der Schule oder am Arbeitsplatz, beim Einkaufen, in Sport- oder Versammlungsstätten. Überall sind sie darauf angewiesen, mit guter und gesunder Luft versorgt zu werden.

Der Verband ist darüber hinaus ein wichtiger Player für die Energiewende und damit für den Klimaschutz. Seine Mitglieder bieten energieeffiziente Produkte und Lösungen, die für eine hohe Innenraumqualität sorgen und dazu beitragen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu minimieren.



Mit seiner im Jahr 2021 gestarteten Kampagne „Lebensmittel Luft“ sensibilisiert der FGK für die Bedeutung einer hohen Innenraumluftqualität und informiert über Möglichkeiten, diese zu erreichen.

Über die Bedeutung der Innenraumluftqualität erhalten Sie unter anderem auf

[www.lebensmittel-luft.info](http://www.lebensmittel-luft.info).

Auf dieser Website werden auch Möglichkeiten vorgestellt, mit denen sich eine hohe Raumluftqualität erreichen lässt. Anwendungsbeispiele zeigen, wie sich diese Lösungen in der Praxis umsetzen lassen. Wissenswertes speziell zum Thema Schullüftung finden Sie auf [www.lebensmittel-luft.info/schullueftung](http://www.lebensmittel-luft.info/schullueftung).



Fachverband Gebäude-Klima e. V. · Hoferstr. 5 · 71636 Ludwigsburg  
Tel. +49 7141 25 881 0 · [info@fgk.de](mailto:info@fgk.de) | [www.fgk.de](http://www.fgk.de)



# Heinz Trox-Stiftung



Die Heinz Trox-Stiftung ist Ausdruck des Lebenswerkes ihres Stifters Heinz Trox. Mit der Stiftungs-Gründung im Jahr 1991 stellte er die Weichen für das Fortbestehen der TROX GmbH als selbstständiges Unternehmen.

Die Heinz Trox-Stiftung hat ihren Sitz in Neukirchen-Vluyn am linken Niederrhein. Sie hält 94 % der Geschäftsanteile an der TROX GmbH, dem weltweiten Technologieführer im Bereich Klima- und Lüftungstechnik mit 34 Tochtergesellschaften und 4.770 Mitarbeitern.

Die Beteiligung an der TROX GROUP stellt den wesentlichen Vermögenswert der Stiftung dar. Ihre Dividendenausschüttung ist die wirtschaftliche Grundlage für die Fördertätigkeit. Das Gesamtfördervolumen der Heinz Trox-Stiftung betrug bis zum 31.12.2022 insgesamt 8,1 Mio. Euro. Davon erhielt der Förderschwerpunkt Wissenschaft und Forschung 5,6 Mio. Euro; soziale und kulturelle Zwecke wurden mit 2,5 Mio. Euro unterstützt.



**Heinz Trox**  
1934 - 2015

# Stiftungszweck

Um flexibel agieren zu können, wo gesellschaftliches Engagement besonders benötigt wird, hat Heinz Trox den Stiftungszweck bewusst weit gefasst: Ausschließlich und unmittelbar verfolgt die Stiftung wissenschaftliche, gemeinnützige und mildtätige Zwecke.

## Die Stiftungszwecke umfassen die Förderung von:

**70%**

- Wissenschaft und Forschung
- Erziehung sowie Volks- und Berufsbildung

**30%**

- Jugend- und Altenhilfe
- Kunst, Kultur und Sport
- Wohlfahrtspflege und Unterstützung hilfsbedürftiger Personen, vorwiegend an Produktionsstandorten der TROX GmbH

Die Heinz Trox-Stiftung ist als gemeinnützig anerkannt und unterliegt der Stiftungsaufsicht des Landes Nordrhein-Westfalen. Sie ist Mitglied im Bundesverband Deutscher Stiftungen und wendet die vom Bundesverband empfohlenen „Grundsätze guter Stiftungspraxis“ an.

**Der Mensch ist der Maßstab und sein Wohlbefinden das Ziel.“**

Heinz Trox







Stifter Heinz Trox  
(1934 - 2015)

## Die Heinz Trox-Stiftung

Der Devise unseres Stifters Heinz Trox, den Menschen und sein Wohlbefinden in den Mittelpunkt jeglichen Handelns zu stellen, sind wir besonders verpflichtet. Sie ist Ansporn und Leitbild der Heinz Trox-Stiftung, die die vorbildliche Hilfsbereitschaft von Heinz Trox in ausgewählte Projekte führt.

Unser Engagement gilt dem menschlichen Wohlbefinden – es umfasst die Sicherung von Grundbedürfnissen, guter Bildung, Kommunikation und Mobilität sowie die Förderung von Wissenschaft und Forschung.

„Der Mensch ist  
der Maßstab und  
sein Wohlbefinden  
das Ziel.“

*Heinz Trox*



### Unsere Projekte und Projektbeteiligungen:

#### Wir fördern Projekte,

- die Hilfe zur Selbsthilfe fördern
- die nachhaltig aufgestellt sind
- die Dritte dazu ermutigen, Verantwortung zu übernehmen
- die Synergien ermöglichen
- die zusätzliche Ressourcen erschließen

### Wir unterstützen Wissenschaft und Forschung durch

- ein eigenes Forschungsprogramm mit der Heinz Trox Wissenschafts gGmbH
- Projektförderungen
- Symposien zum Gedanken- und Informationsaustausch

### Nachhaltigkeit ist unser Wesenskern

Für uns als Stiftung gehört Nachhaltigkeit zum Wesenskern. Im wissenschaftlichen Bereich liegt unser besonderes Augenmerk auf zukunftsweisenden Lösungen, die jedem Menschen den Zugang zu guter gesunder Luft ermöglichen. Gesellschaftlich engagieren wir uns in entsprechend nachhaltig fokussierten Projekten.

In all unseren Überlegungen und Initiativen steht auch hier der Mensch an erster Stelle. Denn Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen sind wesentliche Nachhaltigkeitsaspekte, die wir aus Überzeugung gewissenhaft und verantwortungsvoll fördern – für eine Zukunft, in der wir alle gern leben.

Die Heinz Trox-Stiftung ist ein verlässlicher Partner in der Zusammenarbeit mit Dritten und entwickelt und betreibt darüber hinaus Eigenprojekte. Neben dieser Projektarbeit setzen wir uns – wie von Heinz Trox bereits vor mehr als drei Jahrzehnten initiiert – für die Kleinförderung von Einzelmaßnahmen und Institutionen an den deutschen Standorten der TROX GmbH ein.

Die Heinz Trox-Stiftung ist Ausdruck des Lebenswerkes ihres Stifters Heinz Trox. Mit der Stiftungs-Gründung im Jahr 1991 stellte er die Weichen für das Fortbestehen der TROX GmbH als selbstständiges Unternehmen. Die Heinz Trox-Stiftung hat ihren Sitz in Neukirchen-Vluyn am linken Niederrhein. Sie hält 94 % der Geschäftsanteile an der TROX GmbH, dem weltweiten Technologieführer im Bereich Klima- und Lüftungstechnik mit 32 Tochtergesellschaften und 4.950 Mitarbeitern. Die Beteiligung an der TROX GROUP stellt den wesentlichen Vermögenswert der Stiftung dar. Ihre Dividendenausschüttung ist die wirtschaftliche Grundlage für die Fördertätigkeit.

### Der Stiftungszweck

Um flexibel agieren zu können, wo gesellschaftliches Engagement besonders benötigt wird, hat Heinz Trox den Stiftungszweck bewusst weit gefasst: Ausschließlich und unmittelbar verfolgt die Stiftung wissenschaftliche, gemeinnützige und mildtätige Zwecke.

### Die Stiftungszwecke umfassen die Förderung von:

- |      |  |      |  |
|------|--|------|--|
| 70 % | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissenschaft und Forschung</li> <li>• Erziehung sowie Volks- und Berufsbildung</li> <li>• Jugend- und Altenhilfe</li> </ul> | 30 % | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunst, Kultur und Sport</li> <li>• Wohlfahrtspflege und Unterstützung hilfsbedürftiger Personen, vorwiegend an Produktionsstandorten der TROX GmbH</li> </ul> |
|------|--|------|--|

