

TRIO

life

magazin Nr. 22

Lüftung!



Schule + Lüftung.

Intelligente Technik  
muss Schule machen.

	<p>wissenschaft &amp; technik  <b>Reduziertes Infektionsrisiko durch ausreichenden Luftwechsel.</b>                  Seite 4</p>
	<p>projektbericht  <b>Bildungsklima.                  Leistungsfaktor Raumlufthqualität.</b>                  Seite 14</p>
	<p>forum &amp; wirtschaft  <b>Bildungspolitik – quo vadis?</b>                  Seite 32</p>
	<p>streiflichter  <b>Schulische Superlative.</b>                  Seite 36</p>
	<p>reportage  <b>Der positive Effekt effektiver Lüftung                  in skandinavischen Schulen.</b>                  Seite 42</p>
	<p>interview  <b>Im Gespräch mit Professor Geo Clausen.</b>                  Seite 48</p>
	<p>trox news  <b>TROX auf der Indoor-Air in Frankfurt.</b>                  Seite 54</p>
	<p>trox news  <b>Freistehendes Standgerät TROX SCHOOLAIR-S-HV.</b>                  Seite 60</p>
	<p>trox news  <b>Neues Vertriebsteam Schullüftung.</b>                  Seite 64</p>
	<p>glosse  <b>Schulzitate.</b>                  Seite 68</p>

**Wir verzichten auf die Gendersprache.**  
 Bei der Verwendung des generischen Maskulinums in diesem Magazin geht es um die damit verbundene signifikant bessere Lesbarkeit und Praktikabilität. Sie impliziert keine Wertung. Entsprechende Personenbezeichnungen gelten, sofern nicht anders kenntlich gemacht, für alle Geschlechter.

## Intelligente Lüftungstechnik muss Schule machen.

Was ist die Grundlage für gute (Schul-)Bildung? Natürlich effizientes und nachhaltiges Lernen. Dabei spielen Rahmenbedingungen wie die architektonische Gestaltung der Lernumgebung und insbesondere Raumklima und Lüftung eine entscheidende Rolle.

Trotzdem können Schüler und Lehrer vielerorts von Luftqualität-Mindeststandards nur träumen. Während in anderen Ländern, vor allem in Skandinavien, schon vor Jahren durch Regelungen und die Finanzierung maschineller Lüftungsanlagen eine gute Luftqualität in einem Großteil der Schulen erreicht wurde, ist in Deutschland praktisch nichts passiert – obwohl entsprechende Mindestanforderungen an maschinelle Schullüftungssysteme vorliegen: u. a. ein Außenluftvolumenstrom von mehr als 25 m<sup>3</sup>/h pro Person im Raum, ein Schallleistungspegel von weniger als 43 dB(A), behagliche und vollständige Raumströmung oder der Einsatz von Wärmerückgewinnung und bedarfsorientierter Einzelraumregelung. Sinnvolle Rahmenbedingungen, nachhaltig und von großem Nutzen – bei überschaubaren Investitionen: Gute Luft durch dezentrale Lüftungsanlagen kostet gerade einmal 25 ct pro Schüler und Tag!

Darüber haben wir mit Professor Geo Clausen aus Dänemark, einem der renommiertesten Forscher im Bereich Schullüftung, gesprochen. Er beziffert die Auswirkungen eines guten Lern- und Wohlfühlklimas auf das BIP in Dänemark auf rund 173 Millionen € – dank erhöhter Produktivität sowie weniger Fehlzeiten und Wiederholungen. Auch andere namhafte Forscher kommen zu eindeutigen Erkenntnissen: Maschinelle Lüftung sorgt für bessere Lernbedingungen und mehr Wohlbefinden. Es werden höhere Leistungen erzielt und vor allem – auch wenn die Corona-Pandemie langsam an Dynamik zu verlieren scheint – ein geringeres Infektionsrisiko, was Studien eindeutig belegen.

Passend dazu stellen wir Ihnen unser neues Standgerät SCHOOLAIR-S-HV vor. Anschlussfertig geliefert, kann es an jeder Wand positioniert werden, ist schnell und unkompliziert zu installieren und dank hoher Luftleistung sowie Wärme- und Feuchterückgewinnung sehr effizient. Kurzum: gesunde Luft ganz einfach, nachhaltig und vor allem kostengünstig.

Zudem berichten wir über die Messe Indoor-Air in Frankfurt. Dort fand auf Initiative der Heinz Trox-Stiftung ein viel beachtetes Symposium zum Thema Indoor Air Quality statt. Und wir unterhalten Sie mit Ungewöhnlichem, Kuriosum und Interessantem rund um Schule.



Ich wünsche Ihnen eine kurzweilige und angenehme Lektüre!

Ihr Udo Jung  
 Geschäftsführung TROX GmbH

# Reduziertes Infektions- risiko durch ausreichenden Luftwechsel.

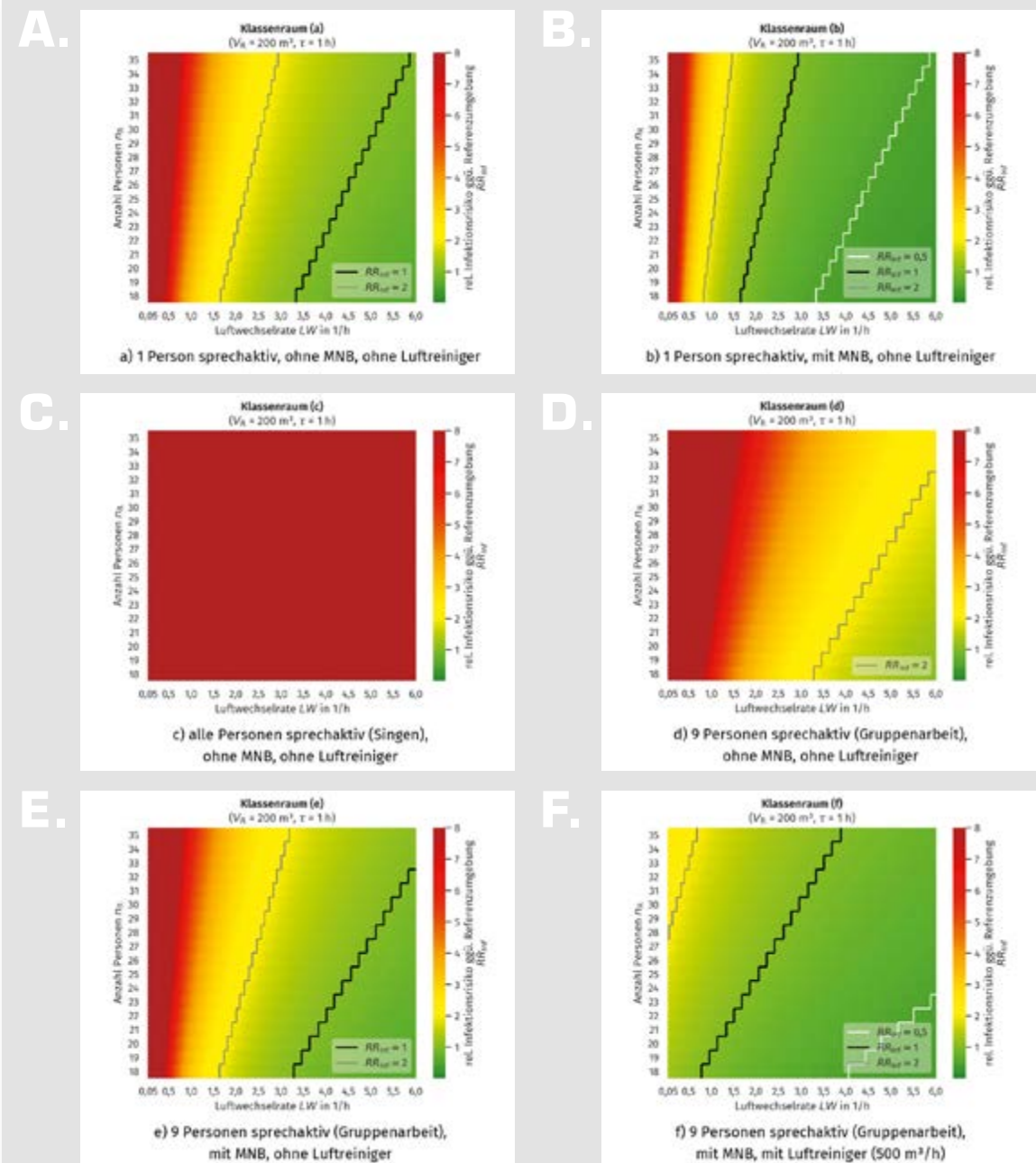
Die Übertragung von Viren durch Aerosolpartikel erachtet das Robert Koch-Institut inzwischen als einen der Hauptinfektionswege. Nachweislich wird das aerosolgebundene Infektionsrisiko in Schulen durch einen ausreichenden Luftwechsel reduziert.

**Aerosolgebundenes Infektionsrisiko wird durch ausreichenden Luftwechsel reduziert.**

Prof. Müller und sein Team an der RWTH Aachen haben einen methodischen Ansatz gewählt, um ein absolutes aerosolgebundenes Infektionsrisiko für beliebige Umgebungen vorherzusagen, damit

ein entsprechendes relatives Infektionsrisiko in unterschiedlichen Räumen und bei unterschiedlichen Nutzungen gegenüber einer Referenzumgebung berechnet werden kann.

**Einfluss der Parameter auf das relative Infektionsrisiko durch Aerosolpartikel im Klassenraum gegenüber Referenzsituation.**



RELATIVES INFEKTIONSRISSIKO

Quelle: RWTH Aachen, E.ON Energy Research Center.

Die Forscher berechnen auf Basis des aktuellen Anteils an COVID-19 erkrankter Personen an der Gesamtbevölkerung in Deutschland die Wahrscheinlichkeit, mit der für die jeweilige Raumbelastung eine infizierte Person im Raum anwesend ist. Anhand dieser Wahrscheinlichkeit und auf Basis raumspezifischer Parameter sowie einer hypothetischen Rate an infektiösen Aerosolpartikeln, die eine infizierte Person an die Raumluft abgibt, wird ein Modell für die Gleichgewichtskonzentration an infektiösen Aerosolpartikeln in der Raumluft aufgestellt.

**Infektionsrisiko ist u. a. abhängig von der Viruslast.**

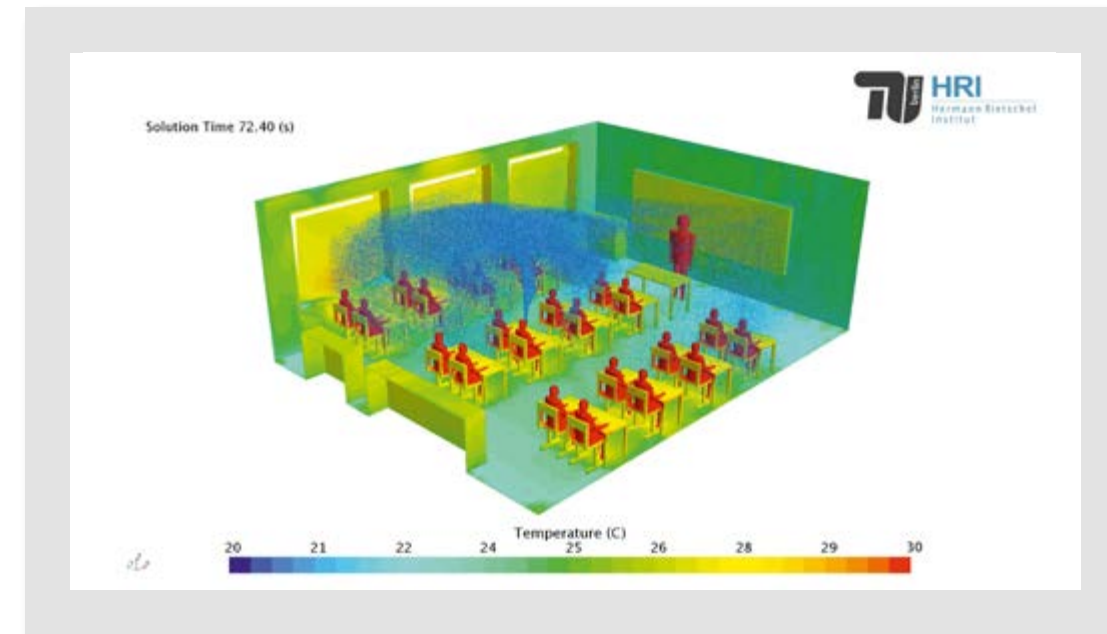
Das Infektionsrisiko ist von der Anzahl der eingeatmeten infektiösen Aerosolpartikel abhängig, der sogenannten Viruslast. Weiterhin von der Art unterschiedlicher körperlicher Aktivitäten und Sprechaktivitäten sowie von der Art der Lüftung.

Das Forscherteam untersuchte, wie sich, im Vergleich zur konventionellen Fensterlüftung, mit einer marktüblichen maschinellen Lüftungsanlage, für die ein definierter Luftwechsel angegeben werden kann, das Infektionsrisiko in einer Unterrichtseinheit inklusive Pausenzeit reduzieren lässt.

Die in der Studie angesetzte Referenzsituation „Schulstunde“ ist gekennzeichnet durch ein Raumvolumen von 200 m³, eine Luftwechselrate von 4,4 h⁻¹, eine Dauer von 60 Minuten und die Anwesenheit von 25 Personen, die sitzen und von denen eine Person aktiv spricht. Der resultierende Volumenstrom entspricht einem spezifischen Zuluftvolumenstrom von 35 m³/h pro Person, welcher auf dem empfohlenen personen- und flächenbezogenen Luftstrom der Kategorie II nach DIN EN 15251 basiert.

Eine Untersuchung des Rietschel-Instituts zeigt, dass große Partikel auf den Boden fallen, kleinere Partikel (< 5 µm) hingegen sich erwärmen und nach oben steigen und somit länger in der Luft schweben. Aus diesem Grund ist die Übertragung durch virusbelastete Aerosole um ein Vielfaches höher.

**Übertragung durch Einatmung virushaltiger Partikel. Der Mensch als Aerosolquelle (Beispiel: Schulklasse, Fensterlüftung).**



Quelle: Technische Universität Berlin, Hermann-Rietschel-Institut.

In der Simulation haben TROX Ingenieure festgestellt, wie der Mensch Aerosole ausatmet. Darüber hinaus haben sie den Einfluss eines Luftreinigers untersucht. Zu diesem Zweck hielten sich vier Personen in einem zunächst virusfreien Reinraum auf. Im Folgenden wurde die CO<sub>2</sub>-Konzentration als Indikator des relativen Infektionsrisikos in der Raumluft gemessen und gezeigt, wie mit der Zeit durch das Ausatmen und Sprechen die mögliche Viruslast zunimmt. Dann kam ein Luftreiniger zum Einsatz und Messungen belegten, dass er die Viruslast signifikant reduzieren und auf geringem Niveau konstant halten kann.



Im TROX Strömungslabor simulierten unsere Ingenieure, wie sich Aerosole im geschlossenen Raum ausbreiten.



Messungen im Labor, das mit vier Personen besetzt war, zeigten, dass die Viruslast mit einem Luftreiniger deutlich reduziert werden kann.

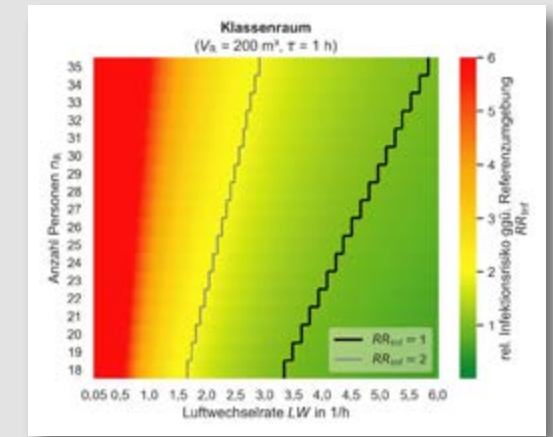
**Relatives Infektionsrisiko durch Aerosolpartikel von verschiedenen Vergleichsumgebungen gegenüber Referenzumgebung.**

Studien zeigen, dass mit einer Erhöhung der Luftwechselrate das Risiko, sich zu infizieren, deutlich abnimmt. Mit einer maschinellen Lüftungsanlage sinkt es um das Zweieinhalbfache.

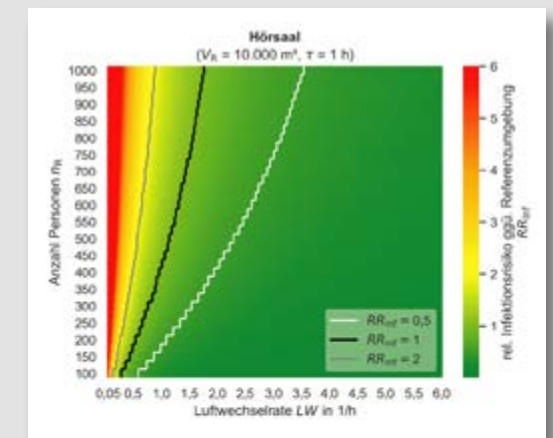
In der Praxis hat sich erwiesen, dass ein CO<sub>2</sub>-Zielwert (Indikator für die Viruslast) von kleiner < 800 ppm anzustreben ist.



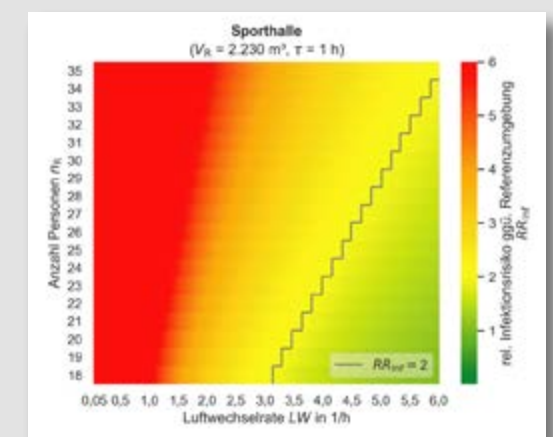
**Relatives Infektionsrisiko durch Aerosolpartikel.**



KLASSENRAUM



HÖRSAAL



SPORTHALLE

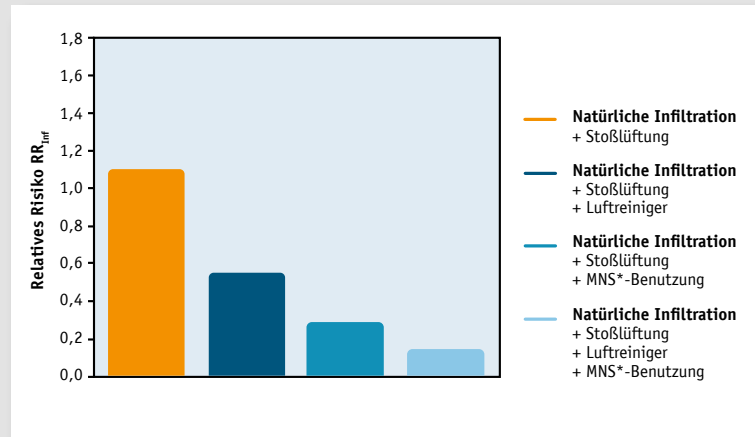
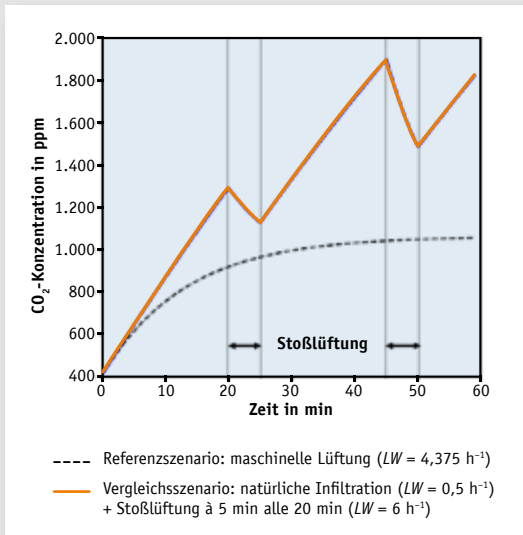
RELATIVES INFektionsRISIKO

Quelle: RWTH Aachen.

**Stoß- vs. Querlüftung.**

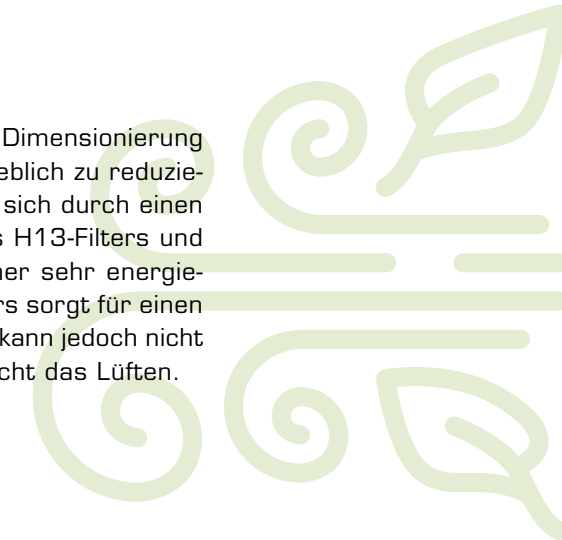
Die Referenzszenarien zeigen, dass mit einer maschinellen Lüftung ein CO<sub>2</sub>-Wert von max. 1.000 ppm gehalten und das Infizierungsrisiko um das Zweieinhalbfache gemindert werden kann.

**Vergleich maschinelle Lüftung und natürliche Infiltration mit Stoßlüftung im Klassenzimmer.**

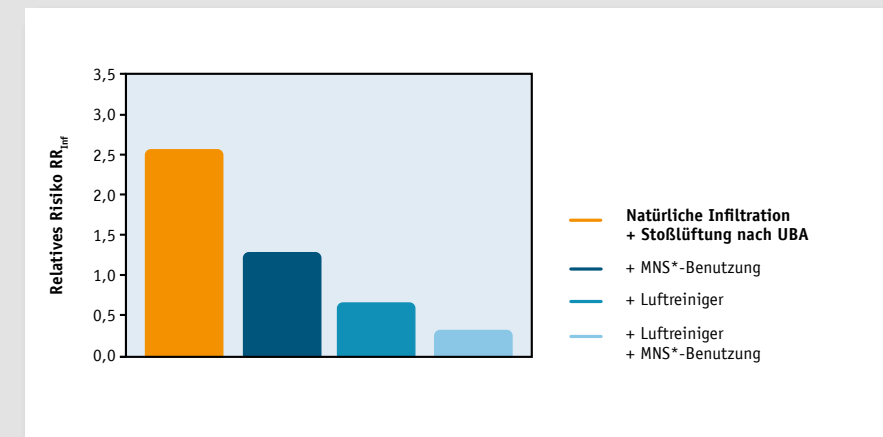
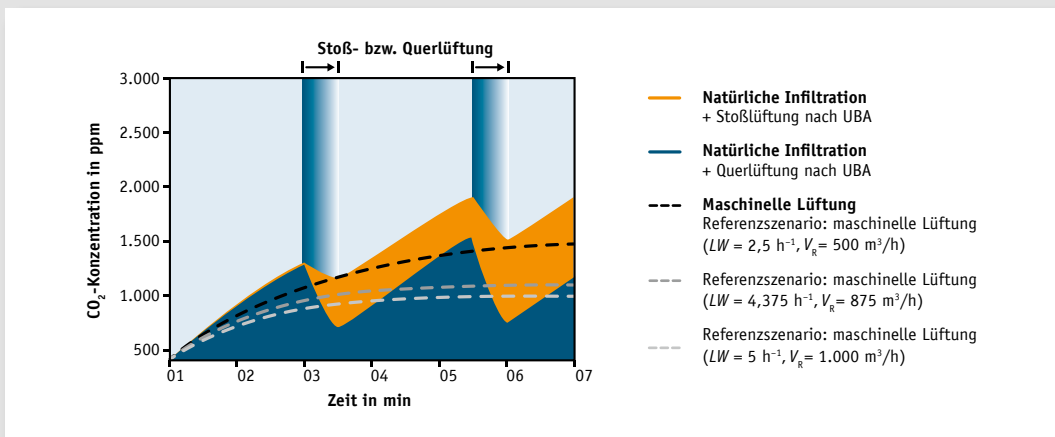
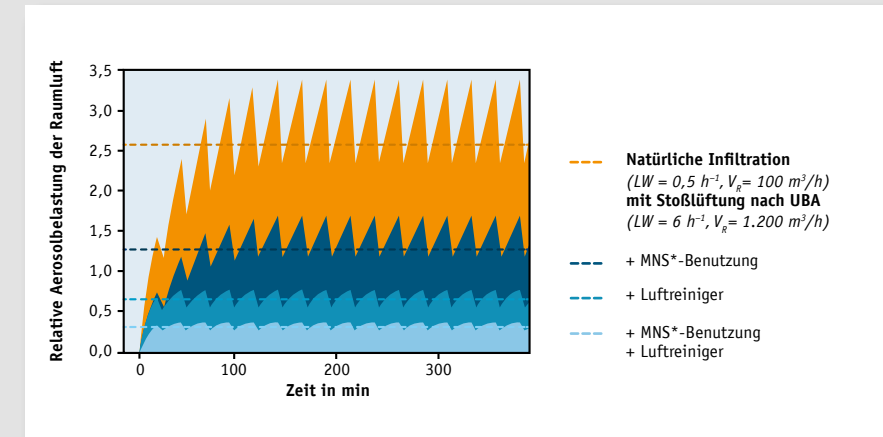


**TROX Luftreiniger.**

Ein Luftreiniger ist bei richtiger Dimensionierung in der Lage, das Infektionsrisiko erheblich zu reduzieren. Der TROX Luftreiniger zeichnet sich durch einen hohen Abscheidungsgrad dank eines H13-Filters und großer Filterflächen aus und ist daher sehr energieeffizient. Die Dämmung des Ventilators sorgt für einen flüsterleisen Betrieb. Ein Luftreiniger kann jedoch nicht den CO<sub>2</sub>-Wert senken und ersetzt nicht das Lüften.



**TROX Luftreiniger**  
 Filtert 99,95% aller Viren aus der Raumluft.



Quelle: RWTH Aachen, E.ON Energy Research Center.  
 \* MNS – Mund-Nasen-Schutz.



= **LERNERFOLG** ↑

**Ausstattung der Schulen mit maschinellen Lüftungssystemen.**

Die Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Ausstattung von Schulen mit einer maschinellen Lüftungsanlage dringend anzuraten ist. Nicht nur im Hinblick auf das Infektionsrisiko, sie bringt weitere Vorteile mit sich. So werden Lärmbelastungen sowie eine Luftbelastung durch Feinstaub und Pollen dank effektiver Filter vermieden. Die ausreichende Versorgung mit frischer, sauberer Luft senkt die CO<sub>2</sub>-Belastung im Raum und wirkt konzentrationssteigernd. Die Luftfeuchte wird auf optimalem Niveau gehalten und die akustischen Verhältnisse werden verbessert.

**Das Resultat:** Der Lernerfolg steigt. Eine dänische Studie hat gezeigt, dass Rechenaufgaben bis zu 14 % schneller gelöst wurden.

Dezentrale Lüftungssysteme erleichtern die nachträgliche Installation ungemein und halten die Investitionskosten im Rahmen. Aber bisher sind nur 10 % der Schulen mit einer maschinellen Lüftung ausgestattet. Dabei kostet ihr Betrieb täglich nur ca. 25 ct pro Schüler.

Quellen: RWTH-EBC 2020-004, Aachen, 2020, Hermann-Rietschel-Institut, TROX.

**Bestätigt vom Arbeitskreis Klimatechnik.**

Als Entscheidungshilfe für effiziente Lüftungsmaßnahmen in Schulen hat der Arbeitskreis Klimatechnik die Vor- und Nachteile aktueller Lüftungsmöglichkeiten und den sicheren Betrieb von Lüftungssystemen in der Stellungnahme „Lüftung unter Pandemiebedingungen“ aufgearbeitet.

**Sein Fazit:** ein Appell an die Entscheidungsträger, Maßnahmen zur Lüftung kombiniert mit Wärmerückgewinnung konsequent zu fordern und zu fördern.

**Zur ausführlichen Stellungnahme:** „Lüftung unter Pandemiebedingungen“



**Dezentrale Lüftungstechnik.**



**Martin Lenz**  
Fachbereichsleiter F+E



**Klaus-Dieter Wolf**  
Fachberater Architektur,  
dezentrale Lüftungstechnik

**Zum Video:**  
Schauen Sie sich das Video an, indem Sie einfach den QR-Code scannen.



**So kommt gesunde Luft ins Klassenzimmer!**

**TROX Schullüftungstool.**  
QR-Code scannen und direkt berechnen.

Dieses TROX Schullüftungstool hilft bei der Planung.

**Amerikanische Studie kommt zu ähnlichen Ergebnissen.**

In Amerika wurde eine Studie durch die Lancet COVID-19 Commission initiiert und im April 2021 veröffentlicht. \* Sie brachte u. a. zwei wichtige Erkenntnisse.

Zum einen sind Schulen chronisch unterversorgt, was die Ausstattung mit effektiven maschinellen Lüftungsanlagen anbelangt. Die meisten amerikanischen Schulen genügen nicht einmal den minimalen Lüftungsanforderungen der American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) von fünf Litern pro Person und Sekunde. Messungen in 100 US-Klassenzimmern brachten die niederschmetternde Erkenntnis, dass 87 davon unterversorgt waren. Eine Studie in Texas kam zu ähnlichen Ergebnissen.

Zum anderen ergaben Messungen an amerikanischen Schulen, dass die ausreichende Versorgung mit gefilterter Außenluft das Infektionsrisiko erheblich mindern kann. Weniger asthmatische Symptome und ein 12-prozentiger Rückgang von Fehltagen einhergehend mit besseren Leistungen bei ausreichender Frischluftzufuhr wurden dabei festgestellt.

Die Kommission empfiehlt deshalb dringend eine Verbesserung in der Ausstattung mit maschinellen Lüftungsanlagen, die helfen können, Schulen offen zu halten oder geschlossene unter sicheren Bedingungen wieder zu öffnen.

\* THE LANCET COVID-19 COMMISSION TASK FORCE ON SAFE WORK, SAFE SCHOOL, AND SAFE TRAVEL: Designing infectious disease resilience into school buildings through improvements to ventilation and air cleaning. APRIL 2021.



**Bildungsklima.  
Leistungsfaktor  
Raumluftqualität.**



Gute Raumlufqualität in Bildungsstätten fördert das Leistungsvermögen, indem sie für höhere Konzentration, weniger Müdigkeit oder Kopfschmerzen und eine geringere Geruchsbelastung sorgt.





Vertikales Brüstungslüftungsgerät SCHOOLAIR-V im Paul-Spiegel-Berufskolleg Warendorf.

Prof. Pawel Wargocki und sein Team haben bei Untersuchungen in einer dänischen Schule festgestellt, dass bei einer Verdopplung der Außenluftfrate die Geschwindigkeit, mit der Rechenaufgaben gelöst wurden, durchschnittlich um bis zu 14 % gestiegen ist.

#### Hohe Zufriedenheit bei Lehrern und Schülern.

In einem behaglichen Umfeld wird einfach motivierter und konzentrierter gearbeitet. Und die Zufriedenheit steigt mit zunehmender Außenluftfrate. Zudem werden dank sauber gefilterter Luft Krankheiten vermieden und damit Fehlzeiten reduziert. Die Abscheidung von Pollen und Keimen hat weniger Allergien und Infektionen zur Folge. Das Zurückhalten von Feinstäuben verhindert längerfristige gesundheitliche Beeinträchtigungen.

#### Gute Noten für die RLT.

Prof. Werner Jensch von der Hochschule für angewandte Wissenschaften München zitiert im Zusammenhang mit raumlufttechnischen Anlagen in Schulen gerne einen Schulleiter, dessen Lehranstalt einen Altbau ohne Lüftung und einen Neubau mit Lüftung hat: „Die Neubau-Schüler sind im Durchschnitt eine halbe Notenstufe besser als die Altbau-Schüler.“

In diesem Projektbericht stellen wir Ihnen zwei Sanierungsprojekte im Schulbereich vor, die mit dezentralen maschinellen Lüftungsanlagen nachgerüstet wurden. Im Anschluss daran informieren wir Sie über die zahlreichen Möglichkeiten einer zuverlässigen Luftversorgung unserer Bildungsstätten.

### Sanierung des Paul-Spiegel-Berufskollegs in Warendorf.

Das Paul-Spiegel-Berufskolleg geht zurück auf die Handwerker-Fortbildungsschule aus dem Jahr 1856 und hat sich im Laufe vieler Jahrzehnte beständig weiterentwickelt. Heute besteht ein vielfältiges Angebot im Teilzeitunterricht und in Vollzeitbildungsgängen. Schüler können am Paul-Spiegel-Berufskolleg viele verschiedene schulische und berufliche Qualifikationen erwerben, zahlreiche Projekte und hohe Praxisanteile bieten Orientierung und steigern die Chancen der jungen Menschen, im Wunschberuf Fuß zu fassen.

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um eine Sanierung des bestehenden Gebäudes in mehreren Bauabschnitten. Während der Planungsphase haben sich dezentrale Lüftungsgeräte der Serie SCHOOLAIR-V (vertikales Brüstungslüftungsgerät) von TROX als ideal herauskristallisiert, auch weil sie aufgrund ihres geringen Platzbedarfs problemlos in das bestehende Gebäude integriert werden konnten.

#### Technik für optimale Raumluftqualität.

Dazu wurde ein schmales Fensterelement gegen ein opakes Element zur Luftführung ausgetauscht, die vorhandene Brüstung an die Gerätehöhe angepasst und abschließend eine Verkleidung passend zum Raumkonzept gewählt. Alle Geräte wurden jeweils hälftig auf die Brüstung und eine Unterkonstruktion gestellt und an die Strom- und die wasserseitige Versorgung angeschlossen. Master- und Slave-Geräte sind mit einem Patchkabel für die interne Kommunikation verbunden. Zusätzlich wurde an die Mastergeräte das Raumbediengerät angeschlossen.

Mit einem Nennluftvolumenstrom von 320 m<sup>3</sup>/h stellen die Geräte ausreichend frische Luft für einen maximalen Lernerfolg zur Verfügung. Ausgestattet mit einem Außenluftfilter der Filterklasse ePM1 65 %, sorgen die Geräte dafür, dass frische Luft frei von Schadstoffen in den Klassenraum gelangt. Jeder Raum ist mit zwei Geräten ausgerüstet, die im Master-Slave-Verbund verschaltet sind. Die optimale Raumluftqualität wird durch integrierte VOC-Sensoren sichergestellt, die die Raumluft permanent überwachen. In Abhängigkeit

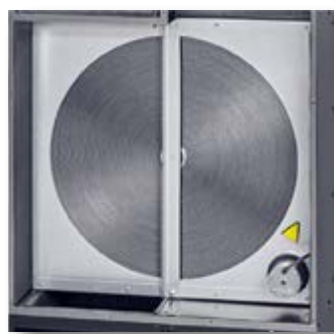


Paul-Spiegel-Berufskolleg Warendorf: Schmale Fensterelemente wurden gegen opake Elemente für die Luftführung ausgetauscht.

von speziell für dieses Projekt angepassten Schwellenwerten wird die Außenluftmenge angepasst. Liegt die Raumluftqualität im optimalen Bereich, schalten sich die Geräte aus oder, wenn für den Heizbetrieb erforderlich, auf Sekundärluftbetrieb um.

#### Energieeffiziente Temperaturregelung.

Nicht nur gute Luft, auch die Temperatur spielt eine entscheidende Rolle. Die Regelung der Raumtemperatur ist daher eine weitere Hauptaufgabe der Lüftungsgeräte. Dafür befinden sich Luft/Wasser-Wärmeübertrager in den Geräten, die die Zuluft entsprechend der Anforderung an die Raumtemperatur regeln. Gemessen wird die Raumtemperatur im Raumbediengerät, das an die Master-Geräte angeschlossen wird. Darüber kann der Nutzer zudem eigene Einstellungen vornehmen, um das subjektive Wohlbefinden zu verbessern.



TROX SCHOOLAIR-V-HV  
Rotationswärmerückgewinner.

Zur Steigerung der Energieeffizienz sind die Geräte mit einem Wärmerückgewinner ausgestattet, der die wasserseitige Leistung auf ein Minimum reduziert. Natürlich kann der Wärmerückgewinner dank eines Bypasses umgangen werden, um beispielsweise im Sommer eine Nachtkühlung zu gewährleisten.

Überzeugt vom Konzept und den positiven Erfahrungen der ersten Abschnitte wurden alle weiteren Bauabschnitte gleichermaßen ausgeführt. Da zwischen den Abschnitten teilweise Jahre lagen und die eingesetzten Technologien von TROX stetig weiterentwickelt wurden, konnten Geräte vom Typ SCHOOLAIR-V-HV eingesetzt werden. Mit diesem neuen Gerätetyp stehen nun dezentrale Lüftungsgeräte zur Verfügung, die bei gleicher Akustik ca. 50 % mehr frische Luft fördern und die Raumluftqualität nochmals verbessern. Zudem verfügen sie über einen Rotationswärmerückgewinner, der viele Vorteile in sich vereint. Seine besonders hohe Rückwärmzahl verbessert die Energieeffizienz, zudem kann ein Rotor ganzjährig genutzt werden. Damit entfällt die Vorhaltung der Heizlast für den Bypassbetrieb im Falle von Vereisungsgefahr und die Heizungsanlage kann kleiner dimensioniert werden.



Vorder-/Rückseite  
Alle Komponenten und Einzelraumregler in einem Gehäuse vereint.

**Ein ganz besonderer Vorteil ergibt sich durch das Funktionsprinzip:**

Das in der Abluft enthaltene Wasser kondensiert im Winter und wird von der Zuluft aufgenommen. Dies beeinflusst die Raumluftfeuchte positiv und trägt zum Wohlbefinden sowie zum Infektionsschutz bei. Die integrierte Regelung passt die Rückwärmzahl variabel an, so dass die Zulufttemperatur bereits nach dem Rotationswärmerückgewinner erreicht wird und sich der Einsatz der Heiz-/Kühlregister minimiert.

**Individuell ausgelegte Steuerung.**

So vielfältig wie das Angebot dieser Schule sind auch die Steuerungsmöglichkeiten der Geräte. Über individuelle Zeitprogramme passen sich die Geräte dem Nutzerverhalten problemlos an. Eigene Einstellungen können über Raumbediengeräte vorgenommen werden. Vor Auslieferung werden projektbezogene Besonderheiten besprochen und in der Software hinterlegt. So erhält die Schule genau die Lösung, die sich der Kreis Warendorf und insbesondere die Lehrenden und Lernenden vorgestellt haben. An modernen Schulen stellt sich der Lernerfolg damit auch dank Lüftung ein – und das ganz selbstverständlich.



Die Marienfelder Grundschule wurde grundlegend saniert und mit modernen Lüftungsgeräten ausgestattet.

**Grundlegende Sanierung eines Berliner Schulgebäudes aus den 70ern.**

Die Marienfelder Grundschule ist eine offene und gebundene Ganztagschule in Berlin und fokussiert vor allem zwei Schwerpunkte: soziales Miteinander sowie eine demokratische Unterrichtspraxis. Um dies zu erreichen, sollen sich alle Beteiligten an der Schule wohlfühlen, zugleich wird das Prinzip der „Fairen Schule“ umgesetzt. Dabei zeigt die bewusste Wahl des Stadtteils im Namen die Zugehörigkeit zum Einzugsgebiet.

Das aus den 70er Jahren stammende Hauptgebäude wurde grundlegend saniert und barrierefrei gestaltet. Dabei mussten Brandschutzmängel beseitigt und die energetische Bilanz musste aufgebessert werden – bei Erhöhung der Tageslichtversorgung und einer Verbesserung der Raumluftqualität. Für die Umsetzung wurde die Fassade bis auf die Tragkonstruktion zurückgebaut und durch Module in Holztafelbauweise ersetzt.

Förderprogramme wie das Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung (BENE) definierten strenge Kriterien für die Lüftungsgeräte. So musste die in den Geräten integrierte Wärmerückgewinnung eine Rückwärmzahl von mindestens 80 % aufweisen. In den Klassenräumen kommen dezentrale TROX Lüftungsgeräte vom Typ SCHOOLAIR-V-HE zum Einsatz, die diese Anforderung mit einer Rückwärmzahl von 84 % deutlich übertreffen. Die hohe Effizienz trägt nicht nur zur Verbesserung der energetischen Bilanz bei, sie sorgt zudem für eine kurze Amortisationsdauer. Mit einer Grundfläche von lediglich 600 x 400 mm konnten die Geräte dabei problemlos auf der Brüstung installiert und in das Raumkonzept integriert werden.



Fassadenintegrierte Lüftungsgeräte sorgen für ausreichenden Luftaustausch und gesunde Luft in den Klassenräumen.

Hauptaufgabe der dezentralen Lüftungsgeräte SCHOOLAIR-V-HE ist die Be- und Entlüftung der Klassenräume. Dabei lautet der zentrale Gedanke: besser lernen durch Frischluft. Wie Studien belegen, steigt die normierte Leistungsfähigkeit der Schüler bei einer Erhöhung der Luftwechselrate von 21 m<sup>3</sup>/h/Person auf 30 m<sup>3</sup>/h/Person auf 105 %. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse wurden drei Geräte in einem Klassenraum installiert. Die Master-Slave-Verbindung gewährleistet, dass sich alle Geräte gleich verhalten.

Die Geräte bieten weitere Vorteile: So kann die Raumtemperatur ganzjährig auf einem behaglichen Niveau gehalten werden und Schadstoffe wie Staub oder Pollen werden effektiv aus der Luft herausgefiltert. Störende Außengeräusche werden minimiert, was die Akustik optimiert. Sprache bleibt jederzeit gut hörbar und die Kinder können dem Unterricht besser folgen.

Insbesondere zu Pandemiezeiten haben die Geräte einen klaren Vorteil: Durch den permanenten Austausch der Raumluft dank Frischluftzufuhr kann das

Infektionsrisiko deutlich minimiert werden und die drei Geräte können, entsprechende Belegung vorausgesetzt, zur Einhaltung des „+L“ im Rahmen der „AHA+L“-Regeln wirkungsvoll beitragen.

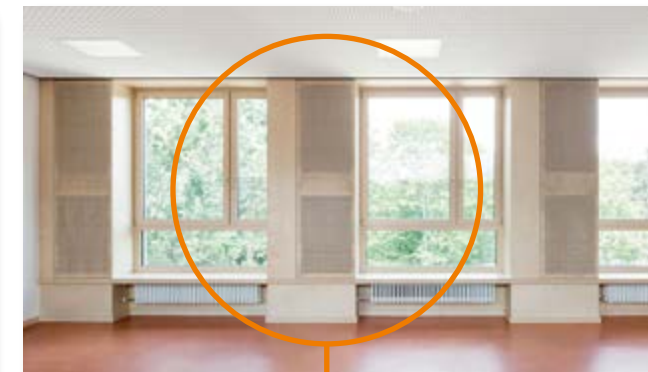
Im Folgenden erläutern wir die vielfältigen Möglichkeiten zuverlässiger Luftversorgung von Bildungsräumen.

#### Kriterien für die Wahl eines Raumluftsystems.

Das raumluftechnische Konzept einer Bildungsstätte hängt von vielerlei Faktoren ab. Da sind zunächst die bautechnischen Rahmenbedingungen wie Architektur und Konstruktion der Gebäudehülle, Standort oder Ausrichtung des Gebäudes, Raumvolumina und Raumtiefen sowie Raumaufteilung und vieles andere mehr. Dann spielen die Belegungsdichte der Räume, die abzuführenden Lasten und die Nutzung sowie die Einrichtung der Räume eine wichtige Rolle. Und nicht zuletzt wird die raumluftechnische Auslegung davon beeinflusst, ob es sich um einen Neubau oder eine



Sie fügen sich innen wie außen harmonisch ins Gesamtbild ein und sind beidseitig zugänglich.



Fotos: © Stefan Meyer

Gebäudesanierung handelt. Letztere erlaubt speziell bei nachträglicher Installation der Raumlufttechnik nicht den gleichen planerischen Freiraum wie ein Neubau. Hier bieten sich zum Beispiel fassadenintegrierte dezentrale Lüftungsgeräte als Ideallösung an.

Das große Spektrum raumluftechnischer Systeme, Geräte und Komponenten versetzt TROX in die Lage, individuell auf sämtliche Gegebenheiten und Anforderungen einer Bildungsstätte einzugehen. Die Fülle der in der Praxis bewährten Lösungen und der große Erfahrungsschatz, den TROX Ingenieure über Jahrzehnte bei unterschiedlichsten Projekten weltweit gesammelt haben, ermöglichen unseren Kunden maßgeschneiderte Individuallösungen und gesamtheitliche Konzepte, wenn es um zukunftsweisende Raumlufttechnik und damit um eine hohe Raumluftqualität geht.

#### Die Anforderungen an die Raumlufttechnik sind vielschichtig:

- Ausreichender Luftaustausch (CO<sub>2</sub> ≤ 1.000 ppm) und Sicherstellung perfekter klimatischer Bedingungen (Raumfeuchte, Raumtemperatur)
- Bedarfsgeführte Regelung für energieeffizienten Betrieb und individuelle Regelbarkeit, um eine hohe thermische Behaglichkeit zu schaffen
- Komfortable Lufteinbringung, möglichst turbulenz- und geräuscharm im Aufenthaltsbereich
- Geringe Eigengeräusche und hohe Dämpfung von Außengeräuschen
- Abscheidung von Feinstaub, Pollen und anderen Außenluftverschmutzungen
- Effizienter Anlagenbetrieb in allen Betriebszuständen dank einheitlicher, sicherer Steuerungssysteme mit intelligent vernetzten Komponenten
- Hohe Sicherheitsstandards im Falle eines Brandes



©Stefan Meyer

Leicht zugängliche Module. Hilfreich z. B. beim Filterwechsel.

**25 Cent**  
BETRIEBSKOSTEN  
PRO SCHÜLER UND TAG

**Enormes Energieeinsparpotenzial.**

Die Betriebskosten in Bildungsstätten belaufen sich im Jahr auf 5.000 – 6.000 € pro Schüler. Vor dem Hintergrund der großen Anzahl von Bildungsstätten und ihrer hohen Energieverbräuche ist jede eingesparte Kilowattstunde ein willkommener Beitrag zur Energiewende. Investitionen in gute Luft machen aber gerade einmal etwas über 40 € pro Schüler und

Jahr aus, was nicht einmal 1 % der Betriebskosten entspricht. Investitionen, die sich auszahlen.

Es ist an der Zeit, für raumluftechnische Anlagen energieeffiziente Systeme bereitzustellen und vor allem den energieverschwenderischen Gebäude-Altbestand energetisch zu sanieren.



X-SENS zur Messung und Erfassung diverser Messgrößen (z. B. Temperatur, Feuchte, Luftqualität) und Zustände für Systeme zur Einzelraumregelung und zur zentralen Steuerung. Der Kombinationsfühler X-SENS-TEMP-RH-EXH ist eine Regelungskomponente zur Integration in Regelungssysteme. Er enthält zwei Sensoren zur Messung der Temperatur und der relativen Feuchte.

Darüber hinaus bergen strömungsoptimierte Luftdurchlässe energieeffizient arbeitender Luft-Wasser-Systeme, die hohe Wärmelasten abführen, immense Einsparpotenziale. Effiziente EC-Ventilatoren und Wärmerückgewinnungssysteme, die die Energie der Abluft nutzen, bringen weitere Energieeinsparung.

**Sanierungsstau Bildungsstätten.**

Rund die Hälfte der Schulen und Kindergärten in Deutschland ist sanierungsbedürftig. Die hochgesteckten klimapolitischen Ziele sind nur dann realisierbar, wenn die energetische Sanierung von öffentlichen Gebäuden vorangetrieben wird, die immer noch einen Anteil von 40 % am Primärenergieverbrauch haben. Die energetische Sanierung von Bildungsstätten hat neben der Energieeinsparung einen viel weiter reichenden Effekt: die spürbare Steigerung der Leistungsfähigkeit. Zusammen mit Wärmedämmmaßnahmen wird die maschinelle Belüftung von Klassenräumen zur Pflichtaufgabe.

**Bedarfsgerechte Regelung der Luftvolumenströme für zentral gesteuerte Lüftungslösungen.**

Die Personenbelegung in Klassen- und Lehrerzimmern, Fluren und Aulen schwankt. Sie sind auch nicht ständig belegt. Bei zentralen Lüftungslösungen sollte daher eine Bedarfsregelung des Lüftungssystems vorgesehen werden, damit es energiesparend arbeitet. VOC-Sensoren indizieren die Belegung. Bei geringer oder fehlender Personenbelegung kann ein größerer Anteil Abluft als Umluft in das Lüftungssystem zurückgeführt werden. Mit zunehmender Belegung wird der Anteil der zurückgeführten Abluft gesenkt und der Anteil frischer Außenluft erhöht. Beim Heizen in der Nacht werden die Räume zu 100% mit Umluft betrieben.



Bewegungsmelder enthalten einen PIR-Sensor (passive Infrarot) zur Erfassung der Anwesenheit von Personen. Der Belegungszustand wird mit einem potentialfreien Digitalausgang an das Regelungssystem übertragen.

# ZENTRAL

## Zentrale Lüftungskonzepte.

### RLT-Zentrale für ein effizientes Raumluft-Management.

Das RLT-Zentralgerät ist das Herzstück einer zentralen Lüftungsanlage. TROX X-CUBES versorgen Räume permanent und zuverlässig mit aufbereiteter Außenluft, sie wurden zudem um eine intelligente Funktion erweitert.

Das RLT-Zentralgerät kann innerhalb des RLT-Systems als Zentrale der Automationsebene agieren und in kleineren Gebäuden auch Leitstellenfunktion einnehmen. Die X-CUBE CONTROL Regeleinheit im RLT-Zentralgerät ermittelt und sammelt alle Daten der raumluftechnischen Anlage und wertet sie hinsichtlich ihrer Funktionalitäten und deren Optimierung aus. Die Zahl der Kommunikationsschnittstellen und Datenpunkte auf der GLT-Ebene ist drastisch reduziert, ebenso der Aufwand für Installation und Inbetriebnahme.

### Raumluftechnische Komplettsysteme aus einer Hand.

TROX hat sich zum Ziel gesetzt, Schnittstellenprobleme hinsichtlich Komponenten und Gewerken zu minimieren. Deshalb bieten wir fast alle raumluftechnischen Komponenten, Geräte und Systeme aus einer Hand: vom Zentralgerät bis zu den Durchlässen und Automations- und Kommunikationssystemen sowie zur Aufschaltung auf die GLT (Gebäudeleittechnik). Das bringt Planern und Anlagenbauern den entscheidenden Vorteil, es nur mit einem einzigen Ansprechpartner zu tun zu haben und so den Gesprächs- und Koordinationsaufwand zu reduzieren.

### Unser Service – Ihre Vorteile:

- Kompetente Beratung und Unterstützung in sämtlichen Phasen eines Projekts: von der Planung bis zur Übergabe sowie im laufenden Betrieb
- Projektbegleitende Serviceunterstützung: Inbetriebnahmen, Systemintegration, Wartung sowie Modernisierungskonzeption
- Einfache Anbindung an übergeordnete Systeme durch Nutzung standardisierter Schnittstellen
- Größtmögliche Datentransparenz durch Nutzung offener Systeme wie LonWorks, Modbus und BACnet
- Lufttechnische Systemlösungen aus einer Hand für eine Reduzierung der Schnittstellen
- Reduzierte Brandlasten durch deutlich geringeren Verdrahtungsaufwand dank Einsatz von Bus-Technologie
- Unterstützung flexibler Nutzungskonzepte: Die Systeme können leicht an neue Anforderungen angepasst werden
- Amortisation der Investitionskosten durch geringere Betriebskosten
- Energieeinsparung durch optimierten Betrieb der Anlagen
- Hohe Betriebssicherheit durch Eigenüberwachung der Systeme



TROX X-CUBE RLT-Zentralgerät.

### Effektive und effiziente Filtersysteme zur Abscheidung hoher Feinstaublasten.

Die Ausstattung mit ein- oder zweistufigen Filtern, je nach Außenluftbedingungen, stellt sicher, dass Feinstäube und Pollen effektiv und effizient abgeschieden werden. Im Interesse von Bildungsstätten liegt natürlich auch die Wirtschaftlichkeit eines Filtersystems. Aus diesem Grunde wurde von TROX ein LCC-Analyse-Tool entwickelt, das die anwendungsbezogene Auswahl des richtigen Filters erheblich erleichtert.

### Komfortable und effiziente Luftverteilung – variable Bedarfslüftung.

Ist bei der raumluftechnischen Planung eines Raums von ganz unterschiedlichen nutzungs- und architekturbedingten Parametern auszugehen, sollte eine variable Volumenstromregelung vorgesehen werden. Sie sorgt dafür, dass Luftvolumenströme variabel an die jeweilige Nutzungssituation der Räume angepasst werden können. Eine automatische Anpassung an sich ändernde Parameter dank intelligenter Regel- und Kommunikationssysteme erhöht die Effizienz einer Anlage spürbar.

### Strömungsoptimierte Luftdurchlässe.

TROX legt ein Augenmerk auf die strömungstechnische Optimierung von Luftdurchlässen. Optimale Strömungseigenschaften sorgen dafür, dass hohe Luftgeschwindigkeiten und hohe Temperaturdifferenzen schnell abgebaut werden und so ein Höchstmaß an thermischer Behaglichkeit erzielt wird. Dies ist insbesondere bei Mischlüftungslösungen der Fall, bei denen häufig nur ein Gerät pro Klassenraum zum Einsatz kommt. Bei Quelllüftungssystemen empfiehlt TROX, mit mindestens zwei Geräten pro Klassenraum zu arbeiten, um alle Personen mit ausreichend Frischluft zu versorgen.

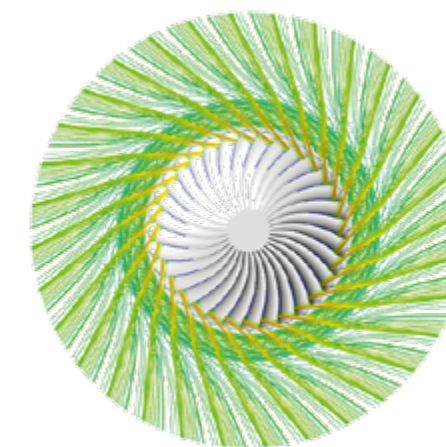


Effektive Filtersysteme sorgen dafür, dass Feinstäube und Pollen abgeschieden werden.

**TROX LCC-Analyse-Tool**  
QR-Code scannen  
und passenden Filter finden.



Der Energiekostenrechner für Filter berechnet mit einem Klick die Energiekosten der Filter einer RLT-Anlage und das Einsparpotenzial.



Das Luftleitelement des AIRNAMIC sorgt für höchsten Komfort durch homogene Luftzufuhr und den schnellen Abbau von Temperaturdifferenzen und Luftgeschwindigkeiten.

# DEZENTRAL

## Dezentrale Lüftungskonzepte.



SCHOOLAIR-HV – dezentrale Lüftungsgeräte.

### Dezentrale Lüftungskonzepte.

Raumlufttechnische Systeme zu dezentralisieren und sie in oder an die Fassade bzw. Brüstung oder in die Decke zu verlegen, bringt große Vorteile in puncto Gestaltung, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit. Die Geräte ermöglichen die schallgedämmte Luftförderung auf kürzestem Wege direkt durch die Fassade von außen nach innen und umgekehrt, angepasst an bauliche oder gestalterische Gegebenheiten. So bieten sie größtmögliche Flexibilität und maximale Energieeffizienz.

### Dezentrale Lüftungsgeräte sind eine nachhaltig sichere Lösung für gutes Lernklima.

TROX SCHOOLAIR Geräte sorgen in Klassenräumen und Lehrerzimmern, aber auch in Kindergärten durch permanente Frischluftzufuhr für beste Raumluftqualität bei idealen Raumtemperaturen – energieeffizient, geräuscharm und mit geringem Einbauaufwand.

Regelmäßige Frischluftzufuhr und ein permanenter Luftaustausch sind das sicherste Mittel gegen die Verbreitung von Viren in der Raumluft. TROX SCHOOLAIR sorgt auch bei geschlossenen Fenstern für permanenten Luftaustausch und damit für effektiven Virenschutz.

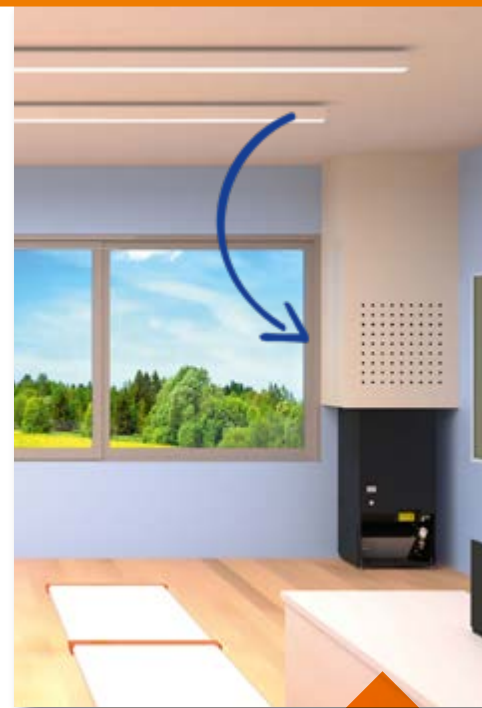
### Besseres Lernklima.

Die maschinelle Lüftung arbeitet flüsterleise. Störgeräusche von außen werden ausgeblendet. Zudem wird der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft gesenkt. Die Schüler atmen frische, virusfreie Luft. Sie arbeiten entsprechend konzentrierter und sind seltener krank. TROX SCHOOLAIR Lüftungsgeräte wärmen die zugeführte Frischluft bis zur Wunschtemperatur auf – und verbrauchen dabei dank effizienter Wärmerückgewinnung nur halb so viel Strom wie ein handelsüblicher Laptop.

Lehrer können die Leistung unmittelbar im Raum selbst über das Bedienfeld anpassen. Zum Beispiel zur Erhöhung der Luftleistung in Pausen mit der Funktion „Stoßlüften“.

### Einfach nachrüstbar.

TROX SCHOOLAIR ist ein dezentrales System. Das Gerät wird im Raum nahe der Außenwand montiert und über einen kleinen Wanddurchbruch oder eine Fensterdurchführung mit Frischluft versorgt. So lässt sich TROX SCHOOLAIR mit geringem Aufwand bedarfsgerecht nachrüsten.



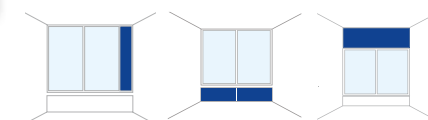
SCHOOLAIR-V-HV



SCHOOLAIR-B-HV



SCHOOLAIR-D-HV



### Dezentrale Lüftungsgeräte.

Einströmende Frischluft wird im Winter vorgeheizt, im Sommer optional vorgekühlt. Da Klassenzimmer in der Regel Raumtiefen von weniger als 7 Metern aufweisen, ist ihre komfortable Lüftung und Klimatisierung sichergestellt. Leise EC-Ventilatoren und eine integrierte Wärmerückgewinnung, die die Wärme der Abluft nutzt, steigern zusätzlich die Effizienz des Systems.

### Dezentrale Lüftungsgeräte:

- Horizontale Brüstungsgeräte
- Vertikale Brüstungsgeräte
- Deckengeräte
- Standgerät (siehe S. 60)

# INTERNATIONAL

## TROX Technik macht international Schule.

In der ganzen Welt sorgen TROX Lüftungssysteme für gesunde Luft. Dabei ermöglichen sie in Bildungseinrichtungen ein deutlich besseres Lernklima, zeichnen sich durch hohe Energieeffizienz aus und fügen sich harmonisch in die Gebäudearchitektur ein. Hier einige Beispiele:

## Die Niederlande.

### Hohe Anforderungen an die Lüftungssysteme.

Die Niederlande schreiben den Luftaustausch in Klassenräumen vor, um die CO<sub>2</sub>-Belastung der Luft zu begrenzen. In der Regel wird bei einer Belegung von 30 Personen von einer Luftwechselrate von 950 m<sup>3</sup>/h/Person ausgegangen. Die Gemeinde Amstelveen nimmt diese Vorschriften sehr ernst. In den letzten Jahren hat sie folgende Schulen mit TROX Systemen ausgestattet und dabei Wert auf eine bedarfsgerechte Luftversorgung gelegt:

- Primary school Piet Hein
- School Hortensialaan
- Martin Luther King school
- 1st Montessori school
- Venema School

1st Montessori school, Amstelveen



## Brasilien.

### Luftreiniger erfolgreich getestet.

An der SESI-SP Grund- und Oberstufenschule in Osasco mit 1.894 Schülern und 42 Klassenräumen wurde im Juni 2021 in einem Pilotprojekt die Luftqualität in Klassenräumen mit und ohne TROX Luftreiniger untersucht. Dem Klassenraum mit Luftreiniger stand für die Messungen ein Kontrollraum von gleicher Größe, Schülerzahl, Altersgruppe und Nutzung gegenüber. Beide Räume waren klimatisiert und für die Dauer des Tests ohne Frischluftzufuhr.

Die von einem externen Laborteam durchgeführten Messungen und Analysen lieferten klare Ergebnisse: Sowohl die Bakterien- und Pilz- als auch die Feinstaubkonzentration fiel in dem Klassenraum mit TROX Luftreiniger wesentlich geringer aus, die Luftqualität war deutlich besser als im Kontrollraum.

Zur gleichen Zeit erhielt TROX Brasil den Auftrag, die Einstein University School, eine der fortschrittlichsten Institutionen für medizinische Studien in Lateinamerika, mit TROX Technik auszustatten.

SESI-SP, Osasco, Brasilien



## Spanien.

### Effiziente Lüftungstechnik in Universitäten und Schulen.

Im Herzen des Finanzdistrikts von Madrid entsteht der Caleido Tower, der erste vertikale Campus in Europa – ein 35-stöckiger, mit TROX Komponenten ausgestatteter Turm, der 64 Klassenzimmer mit einer Kapazität für mehr als 6.000 Studenten und 500 Mitarbeiter beherbergen wird.

Der Campus in Pozuelo, Madrid, bietet Platz für 4.000 Studenten und ist einer der größten Entrepreneurship-Hubs in Spanien.

Die Gabriel de Morales School in Melilla ist ein neues Bildungszentrum für Schulkinder im Alter von drei bis zwölf Jahren. Neben den Klassenräumen versorgen TROX Lüftungssysteme auch Bibliothek, Musikraum, Computerraum, Speisesaal, Küche, Turnhalle und Verwaltungsbereich mit gesunder Luft.

Weitere besondere Bildungsstättenprojekte von TROX in Spanien:

- ESIC University in Pozuelo, Madrid, für 4.000 Studenten
- Institut de Vilablareix, Girona, 4.638 m<sup>2</sup> Gesamtfläche
- American School of Madrid in Pozuelo, Madrid
- German School of Bilbao in Pozuelo, Madrid

IE University im Caleido Tower, Madrid. Der erste vertikale Campus Europas.



# INTERNATIONAL

## Frankreich.

### Verbesserte Luftqualität und geringerer Energieverbrauch.

Das Projekt einer neuen Generation von Schulen in Var umfasst drei wichtige Vorhaben: den Bau des Collège Geneviève De Gaulle-Anthonioz in Carcès sowie den Wiederaufbau und die Umstrukturierung des Collège de l'Estérel in Saint-Raphaël und des Collège Jean l'Herminier in La Seyne-sur-Mer. Diese drei Bauvorhaben wurden im Rahmen der ersten öffentlich-privaten Partnerschaft des Département du Var nach dem Konzept des nachhaltigen mediterranen Bauens (BDM) geplant. Das BDM ist ein 2008 eingeführtes französisches Umweltqualitätssystem, das Bau- und Sanierungsprojekte in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess über ein partizipatives Garantiesystem bewertet.

Weitere besondere Bildungsstättenprojekte von TROX in Frankreich:

- École du Futur, Dirac
- CFA, Mont-de-Marsan

## Norwegen.

### Gesunde Luft und guter Brandschutz.

Campus Ås, ein 63.100 m<sup>2</sup> großes veterinärmedizinisches Gebäude, ist Teil der NMBU in Norwegen und wird für Vorlesungen, Forschung und veterinärmedizinische Aktivitäten genutzt. Das gesamte Gebäude ist so konzipiert und gebaut, dass die Ausbreitung von Viren, Bakterien und Parasiten zwischen den Räumen sowie vom Gebäudeinneren nach außen verhindert wird. Dabei fügen sich die farbigen Belüftungselemente optisch sehr gut in das Raumdesign ein.

Die Hopperrn Skole ist eine 9.900 m<sup>2</sup> große Schule, die als Passivhaus gebaut und von BREEAM-NOR mit „Very Good“ zertifiziert wurde – u. a. für die Luftqualität in den Räumen. Aufgrund der großen Menge verbauten Massivholzes war auch ein guter Brandschutz wichtig. TROX Auranor trug mit dem AURASAFE-Regelsystem sowie den Brandschutzklappen FKRS-EU und FKR-EU dazu bei.

## Großbritannien.

### Besser und gesünder lernen in Bildungseinrichtungen.

Viele Universitäten und Schulen in Großbritannien setzen mit TROX auf einen guten Luftaustausch in Klassenräumen und Sälen, um ein gesundes, leistungsoptimiertes Umfeld für ihre Schüler und Studenten bieten zu können.

Besondere Bildungsstättenprojekte von TROX in Großbritannien:

- Derby Cathedral School, Derby
- Avanti Fields School, Leicester
- AL-HURAH School
- The Nothern School of Art, Middlesbrough

## Argentinien.

### Klimatisierte und gefilterte Raumluft in Schulen.

Im Schulsektor sorgt TROX Klima- und Lüftungstechnik in neuen Gebäuden wie auch in Bestandsgebäuden für gut klimatisierte und belüftete Räume. Um ihren Schülern eine bessere Raumluftqualität bieten und im Zuge der Corona-Pandemie das Infektionsrisiko auf ein Minimum reduzieren zu können, hat die Stadt Buenos Aires für verschiedene Bildungseinrichtungen TROX Luftreiniger mit HEPA 13-Filterung beantragt.

Besondere Bildungsstättenprojekte von TROX in Argentinien:

- GCABA Schools, Buenos Aires
- Technical School No. 5, Buenos Aires
- Northlands School, Provinz Buenos Aires
- Regelschule Dr. J. Alfredo Ferreira, Esquina

Bibliothèque Université Grenoble Alpes, Grenoble



Campus der NMBU, Ås



Avanti Fields School, Leicester



GCABA Schools, Buenos Aires





# Bildungspolitik - quo vadis?



Bildung ist Zukunft. Bildung ist ein ganz entscheidender Wirtschaftsfaktor. Bildung bestimmt in zunehmendem Maße individuelle Lebenschancen, das Wohlergehen von Generationen und die Zukunft moderner Gesellschaften.

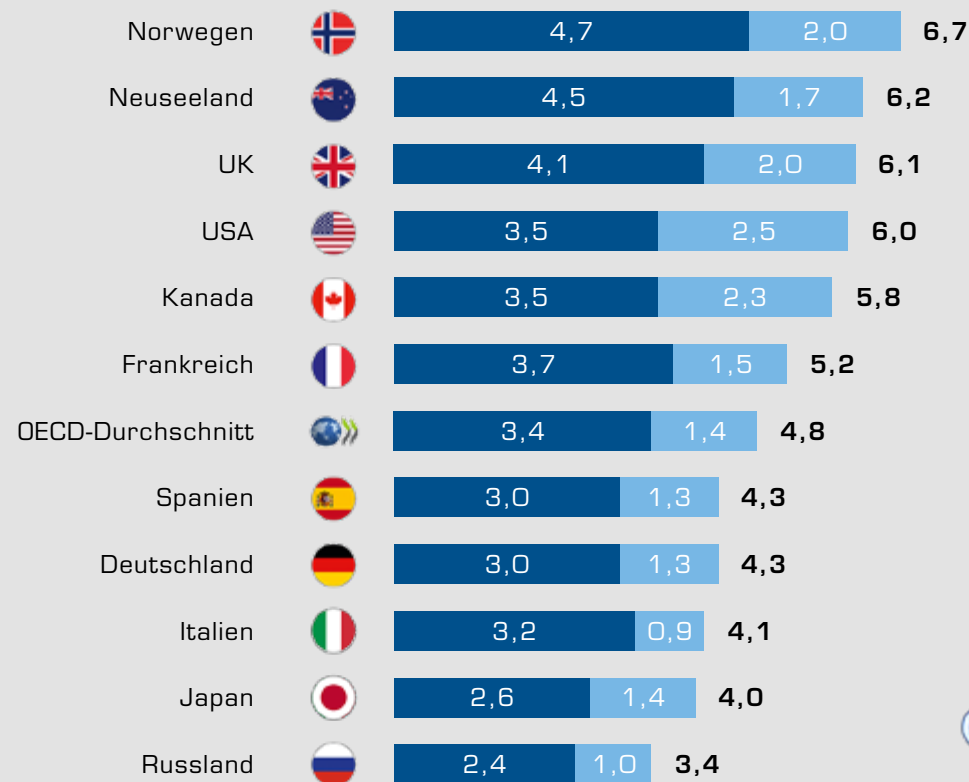
**Ist die Bereitschaft, in Bildung zu investieren, ein Versprechen, das nicht eingelöst wird?**

Es überrascht, dass die Ausgaben für Bildungspolitik in vielen Staaten immer noch ein relativ schwaches Niveau erreichen. An der Spitze rangieren Norwegen mit einem Anteil von 6,7 % am Bruttoinlandsprodukt, Neuseeland mit 6,2 % und UK mit 6,1 %, dicht gefolgt von den USA mit 6,0 %. Deutschland hinkt deutlich hinterher mit gerade mal 4,3 %. In Europa sind es vor allem die nordischen Staaten, die ganz weit vorn liegen, was sich auch in den PISA-Ergebnissen widerspiegelt.

**Deutschland gibt vergleichsweise wenig für Bildung aus**

Anteil der Bildungsausgaben in BIP ausgewählter Länder 2018 (in %)

■ Primar-, Sekundar- und postsekundärer, nichttertiärer Bereich  
 ■ Tertiärbereich



Quelle: OECD



statista



„Es gibt nur eins,  
 was auf Dauer  
 teurer ist als Bildung:  
 keine Bildung.“

John F. Kennedy

**Digitalisierung im Bildungswesen.**

Digitalisierung wird ein entscheidender Faktor im Bildungswesen sein. Wer diesen Trend verschläft, wird in puncto Zukunftsaussichten das Nachsehen haben. Deutschland hat im internationalen Vergleich deutlichen Nachholbedarf bei der digitalen Ausstattung von Schulen und Schülern. Im Jahr 2018 hinkte es laut einer Sonderauswertung der aktuellen PISA-Ergebnisse deutlich hinterher.

Für jeden Schüler müsste es in jeder Schule einen Computer geben. In Deutschland sind es gerade einmal 0,61. Deutschland rangiert damit weit unter dem Schnitt der OECD-Staaten. Hier liegt der Wert bei 0,85 Computern pro Schüler.

Länder wie Luxemburg sind da weit voraus, die Schulen dort verfügen über 1,6 Computer pro Schüler. In den USA und in Großbritannien sind es 1,5. Sprich: Jeder Schüler kann dort auf mehr als ein Gerät zugreifen. Noch dramatischer ist die Situation, wenn man sich den Anteil von Laptops und Tablets anschaut, von tragbaren Computern also. In Corona-Zeiten, Stichwort Homeschooling, eminent wichtig.

**PISA-Auswertung zeigt: Der Norden Europas ist beim Thema Digitalisierung allen voraus.**

In schwedischen Schulen sind praktisch alle Geräte mobil, in Dänemark gut neun von zehn. In beiden Ländern waren während der Schulschließungen im Corona-Lockdown deutlich weniger Schüler auf die Ausstattung der eigenen Familie angewiesen.

In Deutschland hatten zum Zeitpunkt der PISA-Erhebung nur 33 % der Schüler Zugang zu einer Online-Lernplattform, im OECD-Schnitt waren es mehr als 54 %. Deutschland landete damit in der Schlussgruppe – noch hinter Moldawien, das auf rund 40 % kam.

In Singapur, einigen chinesischen Metropolen oder Dänemark hatten schon 2018 den Angaben zufolge mehr als 90 % der Schüler Zugang zu Lernplattformen. Asien liegt ganz weit vorn. Beim Thema digitale Weiterbildung von Lehrern waren z. B. Schulen in Singapur mit 90 % bestens aufgestellt.

**Bildungsausgaben, Digitalisierung. Die Politik verspricht viel. Hält sie es auch?**

Kaum zu begreifen: Bildung ist die Zukunft und die Politik wacht nicht auf! Wie hatte schon John F. Kennedy es auf den Punkt gebracht: „Es gibt nur eins, was auf Dauer teurer ist als Bildung: keine Bildung.“

# Schulische Superlative.



Die kleinsten, die größten, die außergewöhnlichen, die teuersten oder die höchstgelegenen Schulen. Promis, die in ihrem früheren Leben als Lehrer an Schulen unterrichtet haben. In unseren Streiflichtern finden Sie ausgefallene Fakten und Statistiken rund um das Bildungswesen.



The King's School in Canterbury.

**The King's School in Canterbury** wurde im Jahr 597, also vor über 1.400 Jahren, gegründet und unterrichtet heute über 900 Schüler. In der westlichen Welt gehört sie zu den ältesten Schulen.



Eton College, ca. 1870.



**Außergewöhnliche Schulen.**

**Mid-Cave Primary School in Dongzhong:** Das Dorf in der chinesischen Provinz Guizhou ist von starker Armut betroffen, für eine „richtige“ Schule ist kein Geld da. Also wurde im Jahr 1984 kurzerhand eine Schule mitten in einer Höhle eingerichtet. 2011 ließ die chinesische Regierung sie aber schließen.

**Schulfarm Insel Scharfenberg** mitten im Tegeler See in Berlin ist ein staatliches Gymnasium mit angegliedertem Internat und einem ungewöhnlichen Unterrichtskonzept. Zahlreiche Tiere der Schulfarm geben viele praxisbezogene Einblicke in die Landwirtschaft.

**Monument Valley High School in Kayenta, Arizona,** liegt in einem Reservat der Navajo-Indianer nahe der Grenze zum Bundesstaat Utah – mitten im weltberühmten Monument Valley. Wenn die Schüler hier aus dem Fenster gucken, sehen sie die bekannten rötlichen Tafelberge, die pittoreske Kulisse zahlreicher Western.

Monument Valley.



**Weltweite Superlative im Schulwesen.**

**Als kleinste Schule** gilt die Grundschule in Alpette, 66 km nördlich von Turin, Isabella Carvelli (33), die einzige Lehrerin, unterrichtet Drittklässlerin Sofia in allen Fächern.

**Die größte Schule** befindet sich in Lucknow, Uttar Pradesh, Indien. Die City Montessori School (Hindi: सटी माँन्टेसरी स्कूल, लखनऊ) ist eine private Montessori-Schule mit rund 51.000 Schülern und 2.500 Lehrern.

**Die höchstgelegene Schule,** die Grundschule Puma-jiangtang, liegt auf einer Höhe von 5.573 Metern im Norden des Himalayas.

**Das Prädikat „bekanntestes Internat“** gebührt wohl dem Eton College in Berkshire. Gegründet wurde die Schule 1440 von Heinrich VI. – für Kinder aus armen Familien. Heute sind Royals wie Prinz Harry berühmte Schulabgänger.

**Das teuerste Schulpflaster** befindet sich in der Schweiz am Ufer des Genfer Sees. Eltern müssen dort jährlich knapp 100.000 € berappen. Zu den Absolventen des Instituts Le Rosey gehören u. a. der Schah von Persien, Prinz Rainier III. von Monaco und der ehemalige ägyptische König Faruq.

Himalaya.



Prinz Rainier III. von Monaco.

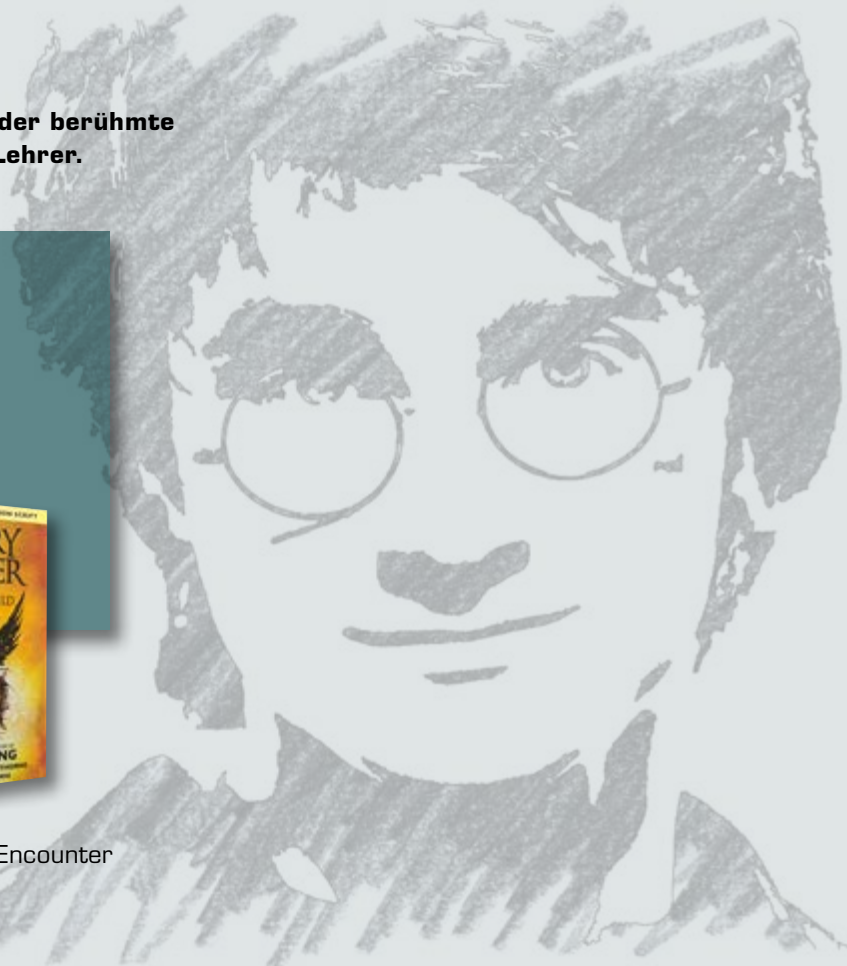


König Faruq.



**Berühmte Lehrkräfte.**

Zahlreiche Hollywoodgrößen, Popstars oder berühmte Schriftsteller waren im früheren Leben Lehrer.



**Joanne K. Rowling**

zog mit 26 Jahren nach Portugal, um an der Encounter English School in Porto zu unterrichten.

©leirbagarc/123RF.com



© Featureflash Photo Agency/Shutterstock.com

**Stephen King**

unterrichtete Englisch in Hampden, Maine, bevor er seine Leser das Gruseln lehrte.



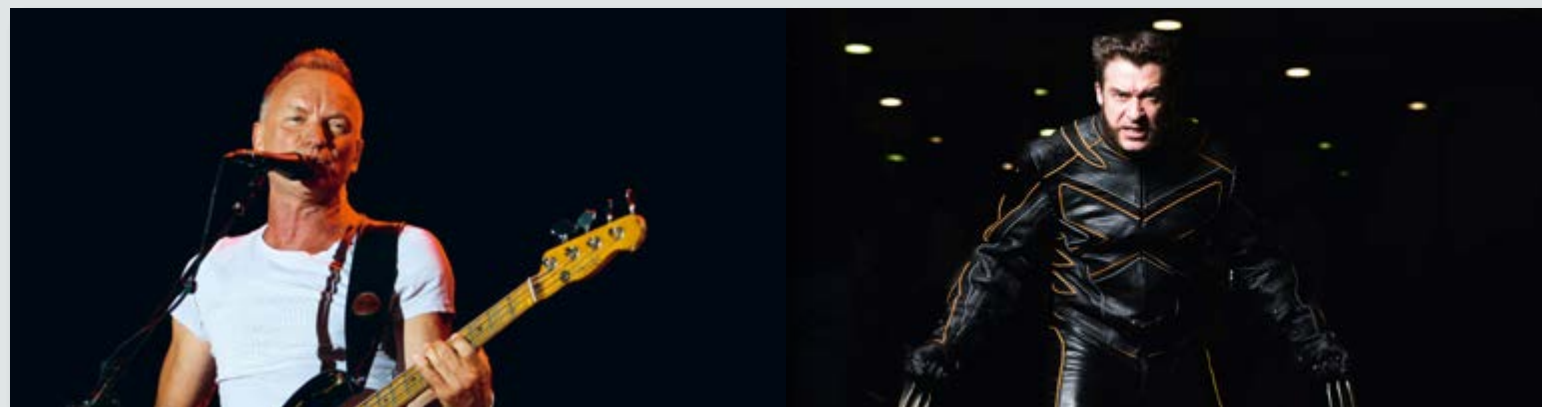
©Stasia04/Shutterstock.com



©Kraft74/Shutterstock.com

**Sylvester Stallone**

war vor seiner Filmkarriere als Sportlehrer tätig.



©zixia/123RF.com

**Sting**

ließ sich am Northern Counties Teacher Training College zum Englisch- und Musiklehrer ausbilden. Anschließend lehrte er zwei Jahre lang an der katholischen St. Paul's First School in Cramlington, England, ehe er seine Karriere als Musiker begann.

**Hugh Jackman**

war Sportlehrer an der Uppingham School in Rutland, England.

©Anton Gvozdkov/Shutterstock.com

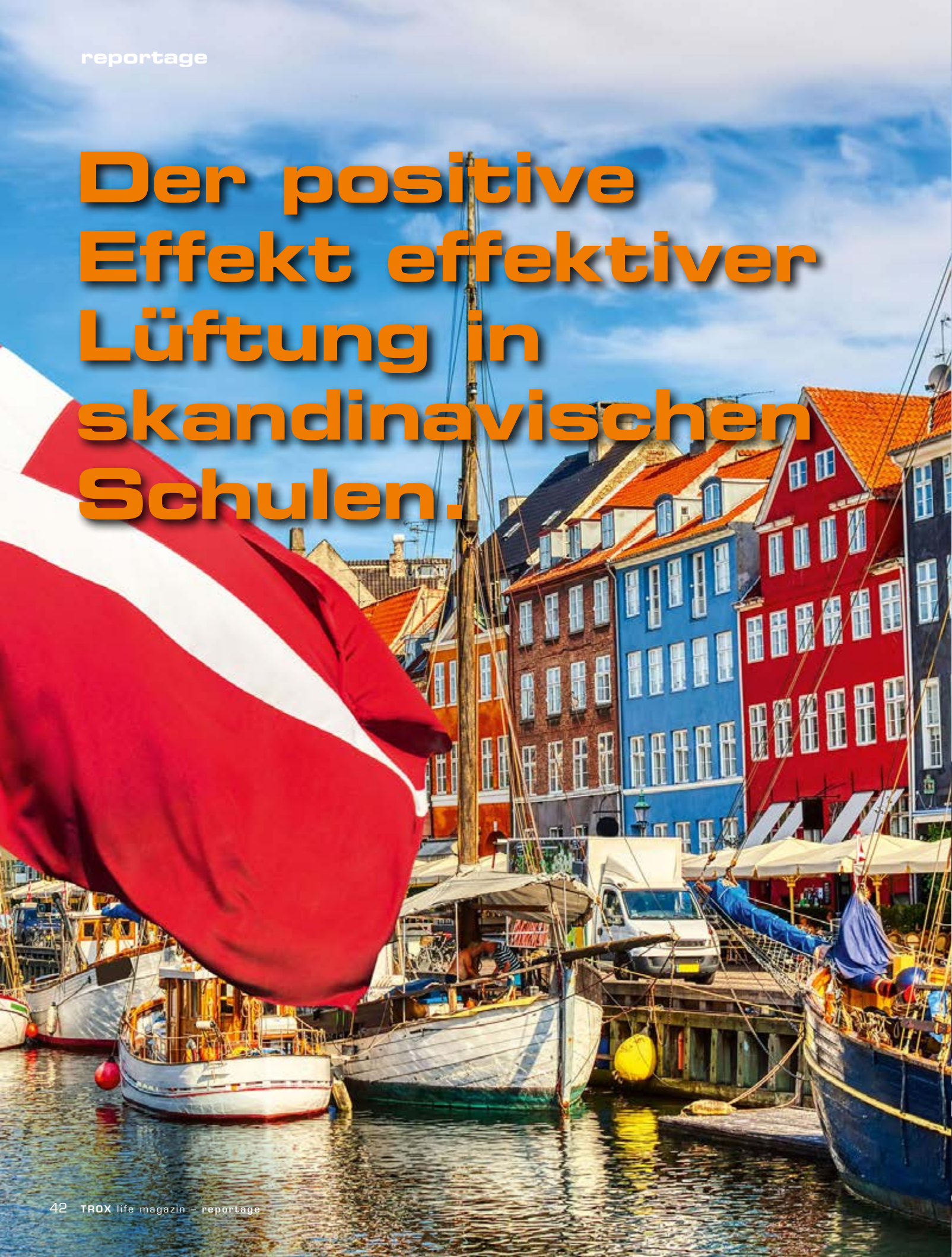
**Die Top Ten der Intelligenzquotienten.**

- Mathematik-Professor Terence Tao **230**
- Schriftstellerin Marilyn vos Savant **228**
- Ingenieur Kim Ung-Yong **210**
- Mediziner Sho Yano **(geschätzt) 200**
- Psychiater Evangelos Katsioulis **198**
- Wirtschaftswissenschaftler Christopher Harding **197**
- Geschäftsmann Walter O'Brien **197**
- Informatiker Thomas Wolf **196**
- Autodidakt Christopher Langan **195**
- Drehbuchautor Rick Rosner **192**

Dabei fällt auf, dass hier recht unbekannte Superbrains vertreten sind. Wo sind Genies wie Albert Einstein oder Stephen Hawking? Tatsächlich hatten beide angeblich einen IQ von „nur“ 160.

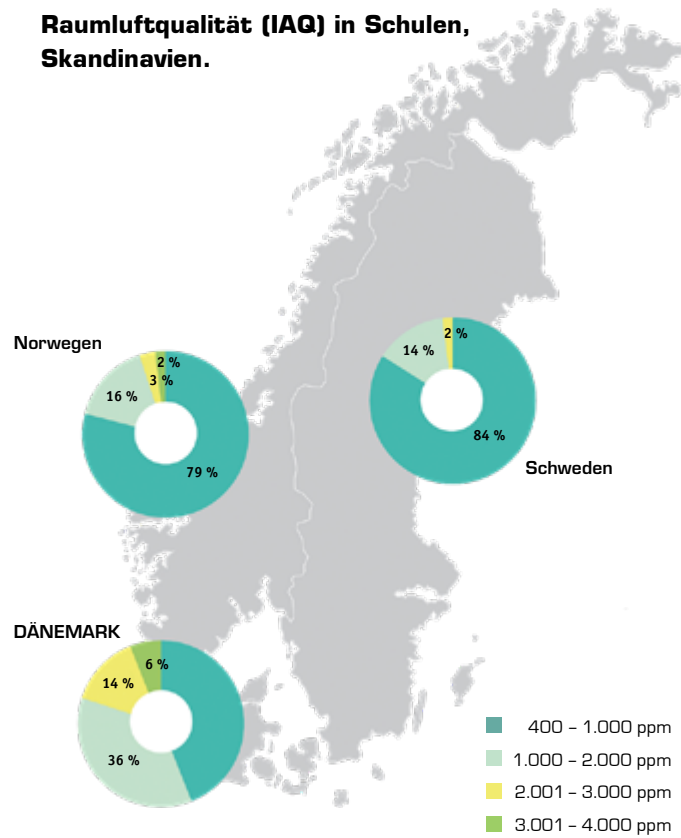
Die Hälfte der Bevölkerung hat einen IQ zwischen 90 und 109. Wer mehr als 140 erreicht, gilt als Genie. Das schafften aber gerade einmal 0,1 % der Menschheit.

# Der positive Effekt effektiver Lüftung in skandinavischen Schulen.



Anlässlich des Symposiums der Heinz Trox-Stiftung „Aachener Tag der Luftqualität und Nachhaltigkeit in Schulen“ im September 2021 hielt Professor Geo Clausen einen Vortrag über die Lüftungsbedingungen an skandinavischen Schulen und den Effekt eines ausreichenden Luftaustauschs auf den Lernerfolg und die Gesundheit der Schüler. Letzteres besitzt gerade in Zeiten der Pandemie einen hohen Stellenwert. Wir haben die wichtigsten Aspekte und Erkenntnisse, die von seinem Team in den Schulen Skandinaviens erhoben wurden, für Sie zusammengefasst.

**Raumluftqualität (IAQ) in Schulen, Skandinavien.**



Ein wichtiger Indikator für Probleme mit dem Raumklima in Schulen ist das Fehlen eines maschinellen Lüftungssystems. Es ist schwierig, einen ausreichenden Luftaustausch allein durch das Öffnen der Fenster zu erreichen, so Professor Geo Clausen in seinem Vortrag.

Professor Geo Clausen ist Leiter der Abteilung Innenraumklima am Fachbereich Umwelt- und Ressourcentechnik der Technischen Universität Dänemark.

**IAQ an dänischen Schulen.**

Bei einer Untersuchung des Innenraumklimas in 245 dänischen Schulklassen wurden in neun von zehn Klassenzimmern hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen gemessen, die die empfohlenen Werte von 1.000 ppm übersteigen.

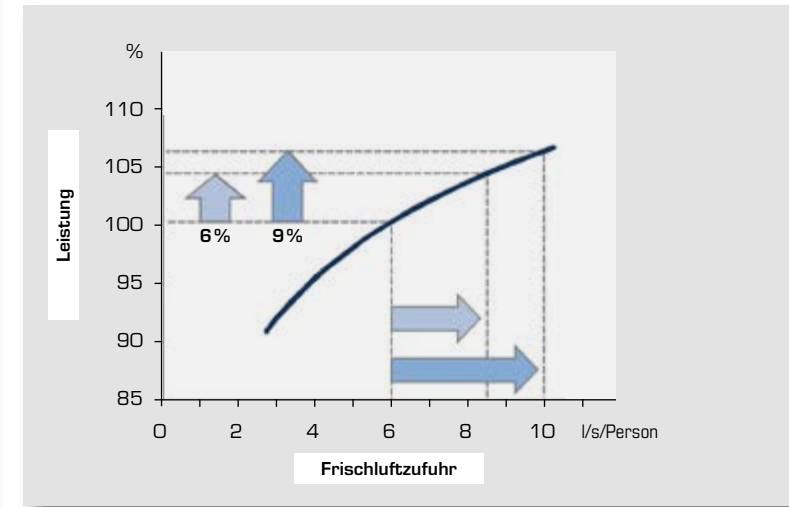
**IAQ in Skandinavien.**

In einer anderen Studie maßen die Schüler in mehr als 700 dänischen Klassenzimmern am Ende einer Unterrichtsstunde selbst die CO<sub>2</sub>-Konzentration. In mehr als der Hälfte der Klassenzimmer war sie zu hoch. Dies ist eine alarmierende Situation. Ähnliche Messungen in Schweden und Norwegen ergaben eine wesentlich bessere Raumluftqualität (geringere CO<sub>2</sub>-Konzentrationen). Der Hauptgrund dafür war, dass die meisten Schulen in Schweden und Norwegen über eine maschinelle Belüftung verfügen, während nur die Hälfte der dänischen Schulen über solche Systeme verfügt. Die Messungen in Dänemark wurden in den Jahren 2014 und 2021 wiederholt. Es konnte keine Verbesserung festgestellt werden.

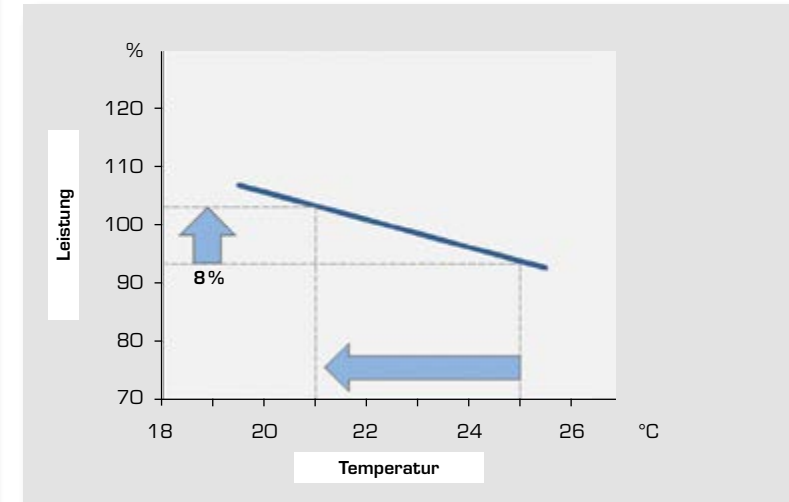


Professor Geo Clausen verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung mit internationalen Forschungskoooperativen und Arbeitsgruppen zum Thema Raumklima.

**Maschinelle Lüftung und Leistung im Schulunterricht.**



**Temperatur und Leistung im Schulunterricht.**



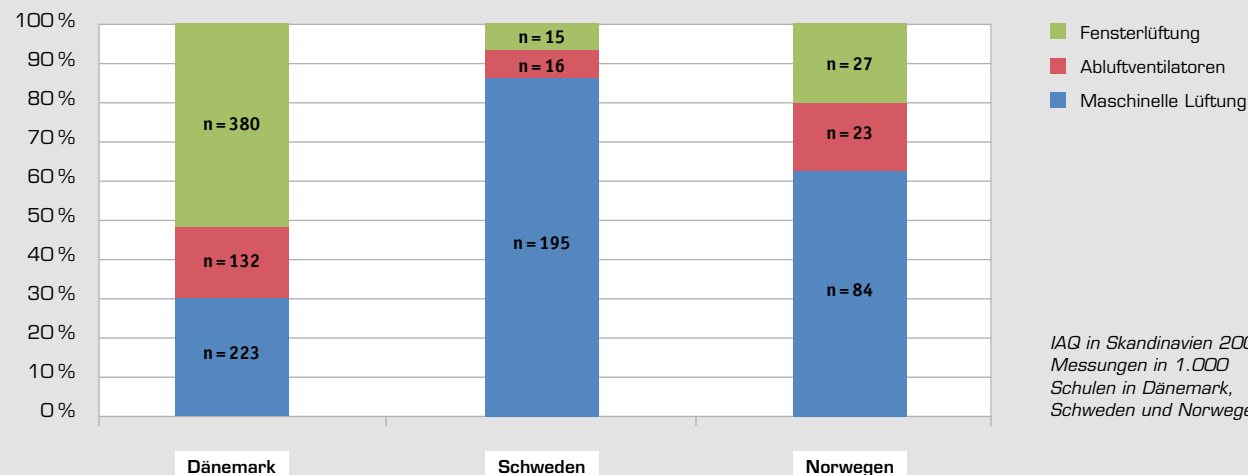
Frischluftzufuhr und Temperatur haben spürbaren Einfluss auf die Leistung der Schüler.

Eine Untersuchung an einer Schule in Vallensbæk bei Kopenhagen zeigte, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft dank energieeffizienter Deckenlüftungen, die frische Luft und gute Akustik miteinander verbinden, unter dem Wert von 1.000 ppm blieb. In dem verbesserten Innenraumklima erledigten die Schüler 5 % mehr Testaufgaben und machten nur halb so viele Fehler.

Wenn wir die beiden Ergebnisse vergleichen, erkennen wir, dass die Schüler bei guter Luftqualität 10 % besser abschneiden. „Über eine Schulzeit von zehn Jahren gesehen, entspricht das einem ganzen Jahr Unterrichtsstoff“, konstatierte Søren Terkelsen nach den Messungen in Vallensbæk, die er im Rahmen seines Dissertationsprojekts am Institut für Hoch- und Tiefbau der DTU vornahm.

Quelle: Professor Geo Clausen, International Centre for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark.

**Lüftungsprinzipien.**

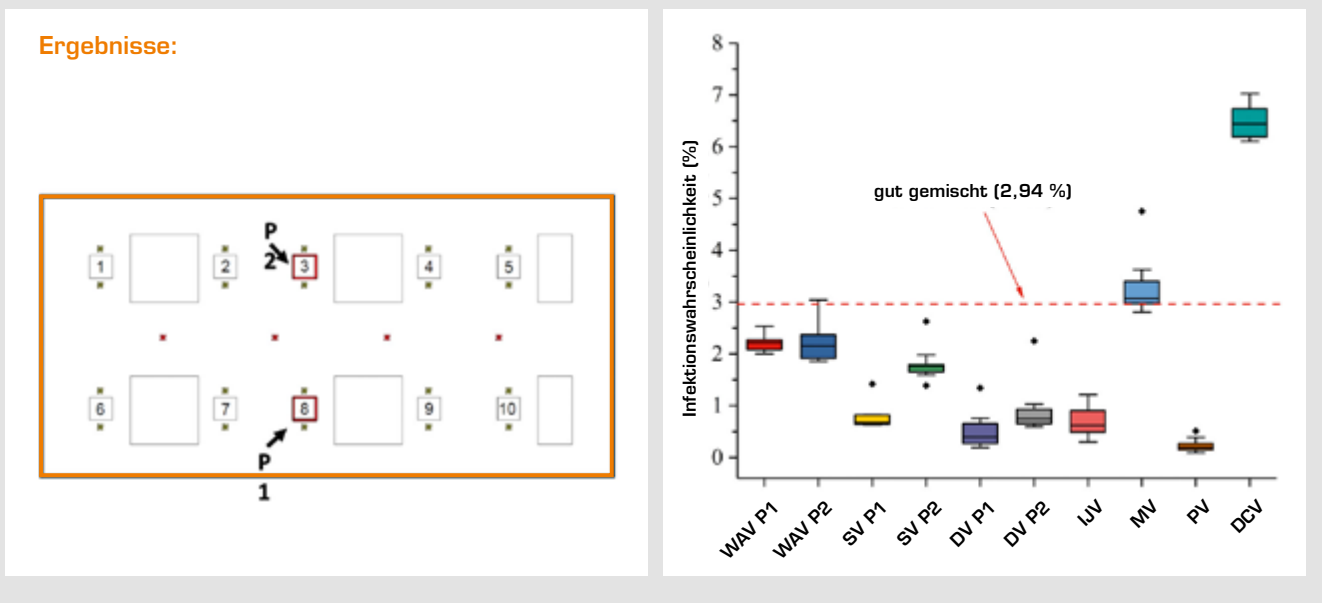


IAQ in Skandinavien 2009. Messungen in 1.000 Schulen in Dänemark, Schweden und Norwegen.

**Reduzierung des Infektionsrisikos dank maschineller Lüftung.**

Das Team um Professor Geo Clausen hat verschiedene Lüftungsprinzipien daraufhin untersucht, inwieweit sie das Infektionsrisiko mindern können. Im Schnitt sinkt das Infektionsrisiko auf unter 3 %.

**Reduzierung von luftgetragenen Kreuzinfektionen in Räumen durch gezielte Belüftung.**



Infektionswahrscheinlichkeit unter verschiedenen Luftströmungsprinzipien.

<b>WAV</b>	(Wall Attached Ventilation)	Wandintegrierte Luftdurchlässe
<b>SV</b>	(Stratum ventilation)	Schichtlüftung
<b>IJV</b>	(Impinging Jet Ventilation)	Turbulente Verdrängungslüftung
<b>PV</b>	(Personalized Ventilation)	Individuelle Lüftung
<b>MV</b>	(Mixing Ventilation)	Mischlüftung
<b>DV</b>	(Displacement Ventilation)	Quelllüftung
<b>DCV</b>	(Diffuse Ceiling Ventilation)	Turbulenzarme deckenintegrierte Lüftung

**Die ökonomischen Auswirkungen guter Schulluft.**

Mit mehr als 10.000 Schulstunden über die gesamte Schulzeit hinweg werden in Australien und Dänemark über 50 % Schulstunden mehr abgehalten als im OECD-Durchschnitt – nicht zuletzt dank fortschreitender Ausstattung der Bildungsstätten mit maschinellen Lüftungsanlagen.

Die ökonomischen Auswirkungen effektiver Schullüftung überraschen. Professor Geo Clausen beziffert die Auswirkungen auf das Bruttoinlandsprodukt auf rund 173 Millionen € bei Kosten von gerade einmal 25 ct pro Schüler und Tag. Dank erhöhter Produktivität, weniger Fehlzeiten und weniger Wiederholern. Dänemark sieht 36 Millionen € für die verbesserte Ausstattung im Staatsbudget vor.

**Schulen in Dänemark.**



**Kostenersparnis Dänemark.**

**Öffentliches Budget (Investitionen) 36 Mio. €**

**Bruttoinlandsprodukt**

- Erhöhte Produktivität: 106 Mio. €
- Weniger Wiederholer: 67 Mio. €

**Gesamt 173 Mio. €**

**Sozioökonomische Auswirkungen besserer Luftqualität in dänischen Grundschulen.**



Jährlicher Anstieg des BIP:  
**173 Mio. €**

Jährliche Verbesserung der öffentlichen Finanzen:  
**36 Mio. €**

**Annahmen:**

- Höhere Produktivität als Erwachsener
- Weniger Wiederholer in der 10. Klasse
- Weniger Krankheitstage bei Lehrern

Quelle: Professor Geo Clausen, International Centre for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark.





# Im Gespräch mit Professor Geo Clausen.



Professor Geo Clausen, promovierter Maschinenbauingenieur, Fachbereich Umwelt- und Ressourcentechnik, Technische Universität Dänemark, ist ein anerkannter Experte für Innenraumlufthqualität und ihre Auswirkungen auf Gesundheit und Leistung.



ZUR PERSON:

- 1977 – 1983** M. Sc. in Mechanical Engineering, Laboratory of Heating and Air Conditioning, Technical University of Denmark
- 1983 – 1986** Ph. D. in Mechanical Engineering, Laboratory of Heating and Air Conditioning, Technical University of Denmark
- 1986 – 1991** Research Associate (50 %), Technical University of Denmark; Technical Support Engineer (50 %), Brüel & Kjaer Inc.
- 1991 – heute** Associate Professor, Technical University of Denmark

**Herr Professor Clausen, Sie haben vor mehr als drei Jahrzehnten mit Ihrer Forschung zu den Auswirkungen schlechter Innenraumluftqualität auf das menschliche Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit begonnen.**

Ja, das habe ich. Ich möchte Ihnen ein paar Beispiele nennen. In einer Studie\*, die ich in den neunziger Jahren zusammen mit geschätzten Kollegen durchgeführt habe, verglichen wir unter kontrollierten Bedingungen in Klimakammern die Beschwerden, die durch Luftverschmutzung in Innenräumen, Wärmebelastung und Lärm verursacht werden. In einer anderen Studie\*\* untersuchten wir den Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Wahrnehmung der Raumluftqualität.

\* G.H. Clausen, L. Carrick, P.O. Fanger, S.W. Kim, T. Poulsen, J.H. Rindel (1994): Eine vergleichende Studie über das Unbehagen, das durch Luftverschmutzung in Innenräumen, thermische Belastung und Lärm verursacht wird. Indoor Air, Vol. 4, S. 255 – 262.  
 \*\* Fang, L., Clausen, G., Fanger, P.O. (1998): Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Wahrnehmung der Innenraumluftqualität. Indoor Air, Vol. 8, Nr. 2, S. 80 – 90.

**Irgendwann in Ihrer Laufbahn haben Sie begonnen, das Innenraumklima in Schulen zu untersuchen. Was haben Sie herausgefunden?**

Wir haben festgestellt, dass sich eine gute Raumluftqualität positiv auf das Wohlbefinden und die Leistung der Schüler auswirkt. Das wird Sie nicht überraschen, wenn Sie schon einmal die abgestandene und stickige Luft in einem Klassenzimmer am Ende eines Schultages erlebt haben. Die wichtigsten Ergebnisse der Studien habe ich in der Abbildung aufgeführt.

**Wie wichtig ist die maschinelle Belüftung in Zeiten von Corona?**

Außerordentlich wichtig. Während der Pandemie hat die WHO festgestellt, dass das Coronavirus über die Luft übertragen werden kann. Das bedeutet, dass eine bessere Belüftung die Exposition gegenüber dem Virus und damit das Risiko zu erkranken verringert. Denken Sie daran, dass in vielen europäischen Klassenzimmern zu hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf unzureichende Belüftung hindeuten. Mit Investitionskosten von nur 25 ct pro Schüler und Tag schützen wir das Wohlbefinden und die Gesundheit unserer Schüler. Dies hat übrigens auch einen positiven wirtschaftlichen Effekt für die Gesellschaft. Berechnungen haben ergeben, dass

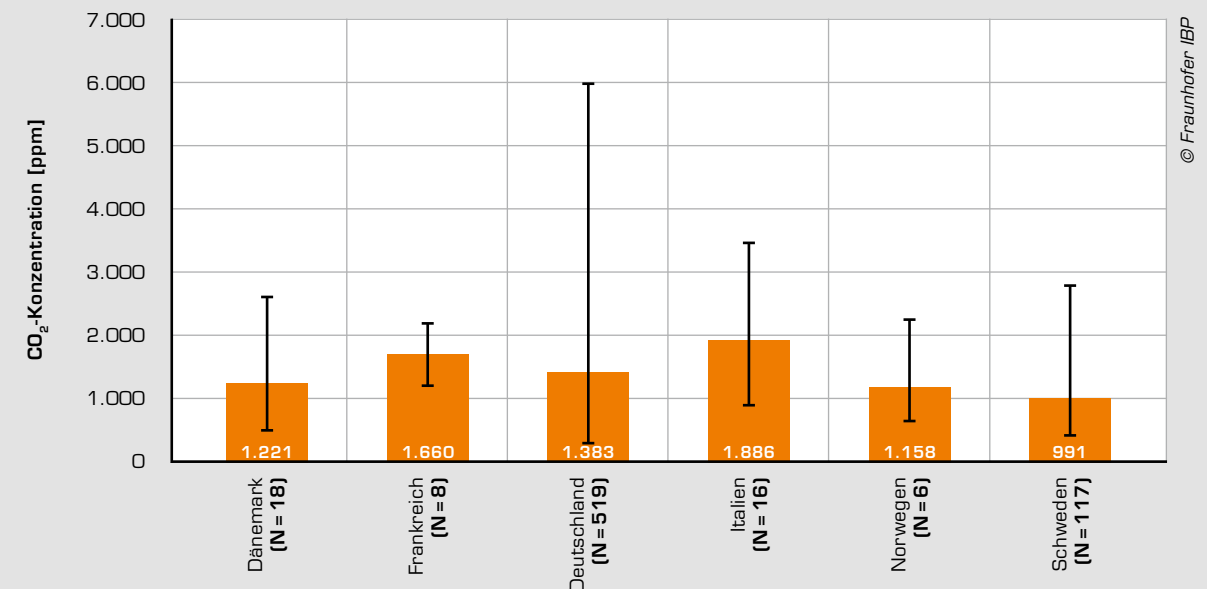
sich die sozioökonomischen Auswirkungen einer besseren Luftqualität in dänischen Grundschulen auf einen jährlichen Anstieg des BIP um 173 Millionen € und eine jährliche Verbesserung der öffentlichen Finanzen um 36 Millionen € belaufen. Alles in allem gibt es viele gute Gründe, die Konzentrationen unter den 1.000 ppm zu halten, die in dänischen und vielen anderen Vorschriften festgelegt sind.

**Gelten die Ergebnisse auch für andere Gebäudetypen?**

Auf jeden Fall. Wir wissen z. B. aus zahlreichen Studien, dass eine gute Innenraumluftqualität in Büros die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden von Büroangestellten verbessert. Die Auswirkungen auf die Leistung scheinen bei Schulkindern etwas geringer zu sein. Wenn man bedenkt, dass die Kosten für eine gute Raumluftqualität in Büros weniger als 1 % des Gehalts der Mitarbeiter betragen, sind selbst ein paar Prozent weniger Leistung als Folge einer nicht guten Raumluftqualität eindeutig erheblich. Es lohnt sich einfach, in gute Innenraumluftqualität zu investieren!

**Herr Professor Clausen, wir danken Ihnen für das Gespräch.**

CO<sub>2</sub>-Konzentration in Schulen in sechs europäischen Ländern.



Wir haben die wichtigsten Erkenntnisse guter Raumlautbedingungen in einer aktuellen Grafik zusammengefasst.

<p><b>Die meisten Menschen verbringen etwa 90 % ihrer Zeit in geschlossenen Räumen</b></p>  <p>Den meisten Menschen ist bewusst, dass die Luftverschmutzung im Freien ihre Gesundheit beeinträchtigen kann, aber auch die Luftverschmutzung in Innenräumen kann erhebliche und schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit haben.</p>	<p><b>Täglicher Konsum pro Person</b></p> <p><b>1 kg Lebensmittel</b> <b>2 kg Flüssigkeit</b> <b>15 kg Luft</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemische Stoffe</li> <li>• Mikrobielle Erreger</li> <li>• Partikel</li> </ul>	<p><b>Hauptquellen für Schadstoffe in Haus und Büro</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Außenluft</li> <li>• Hausbewohner und Haustiere</li> <li>• Kochen und Heizen</li> <li>• Rauchen (Tabak)</li> <li>• Baumaterialien</li> <li>• Farbe, Boden- und Wandbeläge</li> <li>• Einrichtungsgegenstände</li> <li>• Reinigungsmittel</li> <li>• Pestizide</li> <li>• Schimmel/Pilze</li> </ul>	<p><b>Die WHO warnt, dass Luftverschmutzung jährlich 543.000 Kleinkinder tötet</b></p>  <p>Die schädliche Belastung kann bereits im Mutterleib beginnen und sich fortsetzen, wenn Säuglinge und Kleinkinder der Luftverschmutzung ausgesetzt sind.</p>
<p><b>Arbeitsleistung</b></p>  <p><b>-5 %</b></p> <p>Der Verlust an Arbeitsleistung durch schlechte Luftqualität aufgrund von erhöhter Schadstoffbelastung / verringerter Belüftung wird empirisch auf 5 % geschätzt.</p> <p>Die Kosten für eine gute Raumluftqualität in Bürogebäuden betragen weniger als 1 % der Personalkosten.</p> <p>Eine Steigerung der Arbeitsleistung um 5 % bedeutet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 Minuten längere Arbeitstage</li> <li>• Weniger Pausen</li> <li>• 10 Krankenstandstage weniger im Jahr</li> </ul>	<p><b>Schulen</b></p>  <p><b>742+</b></p> <p>Mehr als die Hälfte von 742 untersuchten Klassenzimmern in Dänemark waren unzureichend belüftet.</p> <p>Eine gute Innenraumluftqualität ist ein wichtiger Bestandteil eines gesunden Innenraumklimas und kann Schulen dabei helfen, ihr Hauptziel zu erreichen: die Bildung der Kinder.</p> <p>Eine Steigerung der Lernleistung um 12 % bedeutet ein Jahr mehr Bildung je Kind.</p>	<p><b>Durch fortschrittliche Filtration lässt sich die Belastung durch Krankheit um 42 % verringern</b></p>  <p><b>-42 %</b></p> <p><b>Verringerung der Belastung durch Krankheit</b></p> <p>Die Luftverschmutzung im Freien spielt eine wichtige Rolle für die Innenraumbelastung. Über 90 % der Europäer leben in Gebieten, in denen die WHO-Leitlinien für PM 2,5 nicht erreicht werden. Eine effiziente Filterung der Außenluft ermöglicht eine gezielte Kontrolle dieser von Partikeln dominierten Komponente.</p>	<p><b>Investitionen in die Produktivitätssteigerung sind hoch rentabel</b></p>  <p>Personalkosten sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 bis 100 Mal höher als Energiekosten</li> <li>• 25 bis 100 Mal höher als Wartungskosten</li> <li>• 4 bis 15 Mal höher als Mietkosten</li> <li>• 4 bis 40 Mal höher als Baukosten</li> </ul>

*Quelle: Professor Geo Clausen, International Centre for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark.*



► Professor Geo Clausen

Der Fragebogen wurde von Marcel Proust entwickelt und durch die FAZ populär. Wir fragen in gekürzter Form nach den Vorlieben.

FRAGEBOGEN ZUR PERSON

<b>Wo würden Sie gerne leben?</b>	In Dänemark oder in Frankreich.
<b>Was bedeutet für Sie vollkommenes Glück?</b>	Gute Gesundheit für alle um mich herum.
<b>Welche Fehler entschuldigen Sie am ehesten?</b>	Vergessen von Dingen.
<b>Ihre liebsten Romanhelden?</b>	Gewöhnliche Menschen, die außergewöhnliche Dinge für andere tun.
<b>Ihre Lieblingsgestalt in der Geschichte?</b>	Keine Ahnung.
<b>Ihr Lieblingskomponist, Ihr Lieblingsmusiker, Ihre Lieblingsband?</b>	Die Eagles oder Mozart.
<b>Ihre Lieblingsbeschäftigung?</b>	Mich mit Freunden treffen.
<b>Ihr Lieblingsessen?</b>	Steaks!
<b>Was schätzen Sie an Ihren Freunden am meisten?</b>	Ehrlichkeit.
<b>Ihre größte Schwäche?</b>	Ungeduld.
<b>Was wäre für Sie das größte Unglück?</b>	Allein zu sein, wenn ich alt werde.
<b>Ihre Lieblingsfarbe?</b>	Blau.
<b>Ihre Lieblingsblume?</b>	Rose.
<b>Ihre Lieblingstiere?</b>	Hunde.
<b>Ihr Lieblingsbuch?</b>	Savannah.
<b>Ihr Motto?</b>	Das Richtige tun!



# TROX auf der Indoor-Air in Frankfurt.



Gute und gesunde Luft sowie ein sicheres Wohlfühlraumklima waren die vorherrschenden Themen bei TROX auf dieser Fachmesse, die vom 5. bis 7. Oktober 2021 stattfand.





TROX war mit einem außergewöhnlichen Standkonzept vertreten: In Halle 12 sorgten auf dem Messestand spezielle Besprechungstische mit Luftschleibern für sichere Innenraumluft.



Neben intelligenten und vor allem nachhaltigen Lösungen für eine sichere Indoor Air Quality in öffentlichen Gebäuden, Hotels, der Gastronomie, Schulen oder dem Einzelhandel präsentierten unsere Experten zukunftsweisende Anlagenkonzepte, neue Strategien und innovative digitale und analoge Technologien und Produkte rund um gesunde Luft in Innenräumen.



Ein Highlight war die Vorstellung einer neuen Scan-technologie für den Gebäudebestand, die die Besucher am TROX Stand live erleben konnten. Damit lassen sich BIM-Daten bereitstellen, die Architekten, Tragwerksplanern und Prozessplanern die Arbeit erleichtern. Diese Technologie liefert dank der exakten dreidimensionalen Darstellung von Räumen außerdem wertvolle Daten für die Erarbeitung perfekter Klimatisierungs- und Lüftungslösungen.



TROX gewährte seinen Gästen einen Blick hinter die Kulissen der Messe Frankfurt. Auf exklusiven Rundgängen demonstrierten unsere Experten die Funktionsweise der in den Messehallen 11 und 12 installierten TROX Lüftungs- und Entrauchungstechnologie.



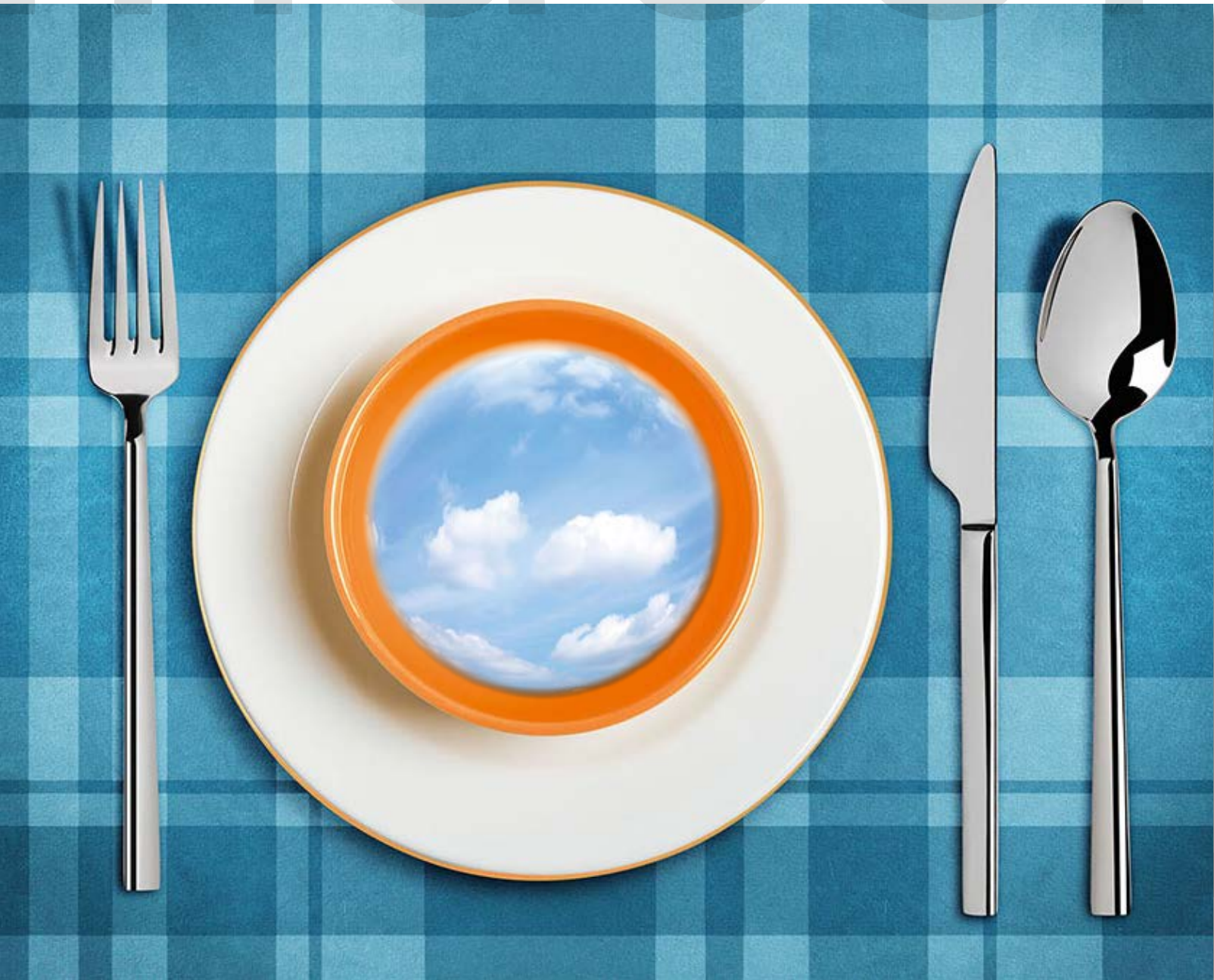
Die Heinz Trox-Stiftung hatte es möglich gemacht: Prof. Dr. Eckart von Hirschhausen sprach anschaulich und kurzweilig über die komplexen Zusammenhänge rund um das Lebensmittel Luft. Kurze Experteninterviews, bei denen Schule und Schullüftung im Mittelpunkt standen, rundeten das Thema ab.



**Prof. Dr. Eckart von Hirschhausen**  
Arzt, Wissenschaftsjournalist und Gründer der „Stiftung Gesunde Erde Gesunde Menschen“

„Obwohl der Nutzen von Luftreinigern in Schulen klar ist, fehlen sie trotzdem überall. Wo bleiben sie denn im dritten Jahr der Pandemie? Luft ist ein Lebensmittel, und sie gehört uns allen. Wenn man den Kindern sagt ‚Geht doch mal raus an die frische Luft‘, sollte die Luft ja auch frisch sein. Und wenn wir über eine ‚Lernatmosphäre‘ in der Schule sprechen, sollte die Luft in der Schule nicht krank machen, sondern gesundes Lernen ermöglichen!“

## On Air - Forum Lebensmittel Luft.



Das Forum wurde vom Fachverband Gebäude-Klima e.V. (FGK) gemeinsam mit der Messe Frankfurt durchgeführt. Die wegweisende Bedeutung der Klima- und Lüftungstechnik – gerade vor dem Hintergrund der anhaltenden Corona-Pandemie – behandelten Expertenrunden und Podiumsdiskussionen. Schwerpunkte waren die Optimierung des Gesundheitsschutzes in Gebäuden und die Auswirkungen der Verschärfung der Klimaschutzziele.

Den Auftakt des dreitägigen Programms bildete der Beitrag „Schlechte Luft an Deutschlands Schulen“, moderiert von Prof. Dr. Eckart von Hirschhausen. Die anschließende Podiumsdiskussion\* moderierte Prof. Dr. Hans Fleisch, Vorsitzender des Stiftungsrats der Heinz Trox-Stiftung.

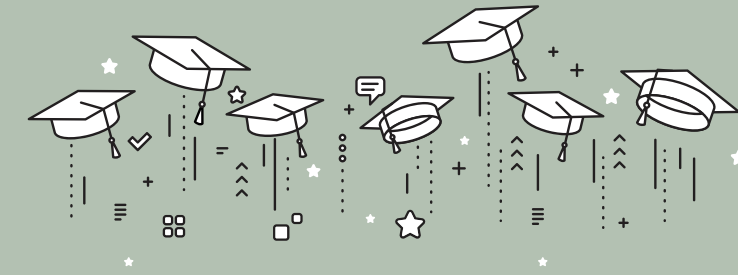
Fachleute aus Industrie, Wirtschaft, Technik, Wissenschaft und Medizin vermittelten kompakt und anschaulich alles Wissenswerte zu sauberer Luft sowie zur Senkung des Infektionsrisikos in Räumen. Es ging um die Anforderungen an Lüftung und Luftreinigung zur Reduktion des Risikos von Infektionen über den Luftweg, um Frischluftversorgung und Infektionsschutz, beispielsweise in Schulen.

Weitere Themen waren Luftreinigungsgeräte, ihre Techniken, ihr Betrieb und ihre Instandhaltung, Luftfiltersysteme und die sinnvolle Anwendung der CO<sub>2</sub>-Regelung trotz Pandemie.

Das Programm vermittelte eine kompakte Übersicht über die aktuellen Themen Infektionsschutz und Arten der Luftreinigung. Wichtig für alle Entscheider, Planer und Anwender, die sich mit gesunder Luft in Innenräumen auseinandersetzen.

\* Mit Prof. Dr. Joachim Curtius, Universität Frankfurt, Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup, Vorsitzender FGK e. V., Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller, Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate, RWTH Aachen University, Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke, Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, VDI, und Sabrina Wetzel, Vorstand Bundeselternrat.





**TROX SCHOOLAIR-S-HV**

**Freistehendes  
Standgerät.**

Das neue Standgerät TROX SCHOOLAIR-S-HV ist die konsequente Weiterentwicklung und Erweiterung der seit vielen Jahren erfolgreichen Produktpalette der dezentralen Lüftungsgeräte.



Schnelle, zugfreie Raumdurchspülung.



Intuitives Raumbediengerät.



Einfacher Filterwechsel.

Ästhetisch überzeugend und farblich frei wählbar, lässt es sich problemlos in die Raumarchitektur integrieren. Es versorgt den gesamten Raum mit sauberer, gefilterter und ideal temperierter zugfreier Frischluft und sorgt so für weniger CO<sub>2</sub>.

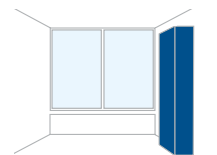
#### Variable Aufstellung und Installation.

TROX SCHOOLAIR-S-HV kann an einer beliebigen Wand im Raum positioniert werden. Daher eignet sich das anschlussfertige Gerät besonders zum Einsatz in Klassenzimmern, Besprechungs- und Gruppenräumen von Kitas, Schulen und anderen Bildungseinrichtungen. Wand- und Fassadendurchführung erfolgen über Rohrleitungen, die in die Zwischendecke verlegt werden können. Es lässt sich nicht nur in Neubauten installieren, sondern auch problemlos nachrüsten.

#### Feuchterückgewinnung für gesundes Klima.

TROX SCHOOLAIR-S-HV nutzt zur Wärmerückgewinnung einen Rotationswärmeübertrager. Die Wärmeenergie wird im rotierenden Festkörper zwischengespeichert und an den eintretenden Luftstrom wieder abgegeben. Dadurch erreicht das Gerät einen Wirkungsgrad von 80 %. Im Winter wird die Luftfeuchte zurückgewonnen – ein wichtiger Faktor zur Reduktion von Infektionskrankheiten.

Frisch- und Abluftfilter mit bis zu 12 Monaten Standzeit können werkzeuglos gewechselt werden.



#### Thorsten Dittrich, Bereichsleiter Vertrieb Deutschland, zum neuen Standgerät:

„Nach der Entwicklung des Luftreinigers, neben unserer Range ausgezeichneter dezentraler Systeme, runden wir nun unser Portfolio durch ein komplett neues Produkt ab.“

#### Überzeugende Leistungen.

- Nennluftleistung 800 m<sup>3</sup>/h, Boostbetrieb 1.200 m<sup>3</sup>/h
- Förderfähig nach BAFA
- Integrierter CO<sub>2</sub>-Sensor zur Sicherstellung der Raumluftqualität
- Standardmäßig integriertes Elektro-Nachheizregister
- Einfache Bedienung und bedarfsgerechte Regelung, optionales Raumbediengerät
- Anbindung an GLT-Systeme mit BACnet und Modbus
- Optional Monitoring und Zugriff über X-TAIRMIONAL oder Anbindung an die Gebäudeleittechnik





# Neues Vertriebsteam Schullüftung.

Gesunde, leistungsfördernde Luft in Schulen hat, angefangen durch die Corona-Pandemie, weltweit an Bedeutung gewonnen. Mit dem neuen Vertriebsteam Schullüftung stehen Spezialisten für individuelle, einfache und dabei hocheffiziente Lösungen von TROX bereit.

Überall auf der Welt ist mittlerweile klar, dass maschinelle Lüftungsanlagen der ausschließlichen Fensterlüftung überlegen sind, wenn es um ein gesundes Lernklima in Klassenräumen geht. Das in vielen Studien bestätigte Konzentrations-, Leistungs- und Gesundheitsplus durch ein stabiles Level an sauberer, frischer Luft im Raum hat die Frage nach individuellen Lüftungslösungen aufgebracht.

Neben der Bestimmung des idealen Lüftungskonzepts, einer perfekt dimensionierten und bei Sanierungen einfach nachzurüstenden Lüftungsanlage sowie des benötigten Luftaustauschs spielen viele weitere Kriterien eine Rolle, um Kosten, Bauarbeiten und Zeit im Griff zu haben.

Um die Expertise im Bereich Schullüftung zu bündeln, hat TROX jetzt das Team Schullüftung zusammengestellt. Hier arbeiten alle kompetenten Spezialisten aus dem Bereich Vertrieb mit Innen- und Außendienst, Angebotsbearbeitung, Auftragsabwicklung, Produktmanagement, Marketing, Forschung und Entwicklung, Konstruktion, Produktion sowie den Kollegen von TROX HGI für den Service zusammen an der einen optimalen Lösung für jede Schule.

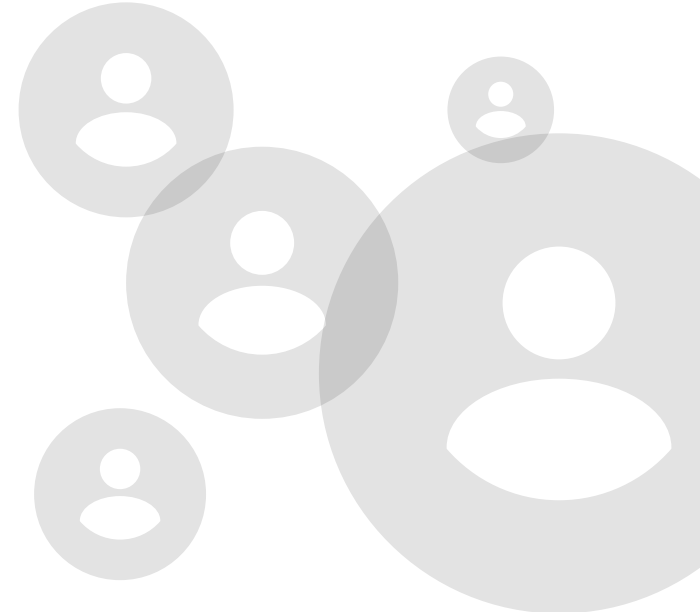
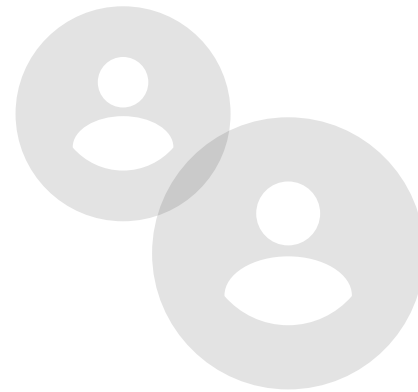
Das TROX Schullüftungsteam freut sich auf diese Aufgabe.



Das Beratungsteam Schullüftung: Bünyamin Simsek, Stanislaw Molleker, Marcel Leidenbach, Steffen Gräfe (nicht im Bild) und Projektleiter Klaus-Dieter Wolf (von links).



Die Produktion der dezentralen TROX Schullüftungsgeräte erfolgt im Werk Neukirchen-Vluyn.



**Das TROX Schullüftungsteam.**

Für individuelle Fragen und Beratungen zu konkreten Projekten stehen die versierten Ansprechpartner des Schullüftungsteams direkt zur Verfügung.

Das TROX Schullüftungsteam erreichen Sie per E-Mail an [schullueftung-de@troxgroup.com](mailto:schullueftung-de@troxgroup.com) oder unter der Rufnummer +49 2845 202-1111.



## Schulzitate.

Seit Jahrtausenden machen sich berühmte und auch weniger berühmte Menschen Gedanken über die Schule. Schon 62 n. Chr. äußerte der römische Philosoph Lucius Annaeus Seneca den kritischen Satz über das Schulwesen: Nicht für das Leben, sondern für die Schule lernen wir.

NON IN VITAE  
SED SCHOLAE  
DISCIMUS

Lucius Annaeus Seneca (etwa 4 v. Chr. in Corduba; † 65 n. Chr. in der Nähe Roms)

Für mich gibt es  
Wichtigeres im Leben  
als die Schule.

Mark Twain

In der Schule gab's für mich  
Höhen und Tiefen. Die Höhen  
waren der Fußball.

Thomas Häßler

Mach dir keine Sorgen wegen deiner  
Schwierigkeiten mit der Mathematik.  
Ich kann dir versichern, dass meine  
noch größer sind.

Albert Einstein

Bildung kommt von  
Bildschirm und nicht  
von Buch, sonst hieße  
es ja Buchung.

Dieter Hildebrandt

Eine Investition in Wissen bringt  
noch immer die besten Zinsen.

Benjamin Franklin

Lieber sechs Stunden  
Schule als gar  
keinen Schlaf.

Schülerweisheit

Heute bin ich  
voll des Bocks  
auf Genitiv.

Schülerweisheit

Mir wird von alledem  
so dumm, // als ging  
mir ein Mühlrad im  
Kopf herum.

Johann Wolfgang von Goethe, Faust I



**TROX®** TECHNIK  
The art of handling air

**Impressum:**

Herausgeber:  
TROX GmbH  
Heinrich-Trox-Platz  
47504 Neukirchen-Vluyn  
Tel.: +49 2845 202-0  
Fax: +49 2845 202-265  
trox-de@troxgroup.com  
www.trox.de

Realisation:  
TR advertising GmbH  
Arnulfstraße 33  
40545 Düsseldorf

Redaktion:  
Christine Roßkothen, TROX GmbH  
Klaus-Arndt Hueter, TROX GmbH  
Klaus Müller, Kommunikation & Marketing

Redaktionsbeirat:  
Thorsten Dittrich  
Ralf Joneleit  
Udo Jung

Druck:  
MD-Digital GmbH  
Niederrheinallee 320  
47506 Neukirchen-Vluyn

Lektorat:  
Simone Hübner, Düsseldorf

Artdirection:  
Alexandra Höver

Bildredaktion:  
Alexandra Höver  
Klaus Müller

Bildquellen:  
Titel/Rückseite: Adobe Stock  
S. 2/3: TROX GmbH  
S. 4-7: iStock  
S. 8-13: TROX GmbH, iStock  
S. 14/15: Adobe Stock, Stefan Meyer  
S. 16/17: TROX GmbH, iStock  
S. 18/19: TROX GmbH, Stefan Meyer, iStock  
S. 20/21: Stefan Meyer  
S. 22/23: TROX GmbH, Stefan Meyer, Adobe Stock, iStock  
S. 24-27: TROX GmbH  
S. 28-31: TROX GmbH, iStock  
S. 32/33: Adobe Stock  
S. 34/35: iStock  
S. 36/37: Adobe Stock  
S. 38/39: Adobe Stock, iStock  
S. 40/41: 123RF, Shutterstock, iStock  
S. 42/43: TROX GmbH, Adobe Stock  
S. 44-51: TROX GmbH  
S. 52/53: Prof. Geo Clausen, Adobe Stock, iStock  
S. 54-57: TROX GmbH  
S. 58-59: TROX GmbH, iStock  
S. 60/61: TROX GmbH, Adobe Stock, iStock  
S. 62-65: TROX GmbH  
S. 66/67: TROX GmbH, iStock  
S. 68/69: iStock  
S. 70/71: Adobe Stock

Erscheinungstermin: August 2022



**TROX GmbH**  
Heinrich-Trox-Platz  
47504 Neukirchen-Vluyn  
Tel.: +49 2845 202-0  
Fax: +49 2845 202-265  
trox-de@troxgroup.com  
www.trox.de