

**AUF EINEN BLICK**

Die Raumluft sollte nicht nur energetisch betrachtet werden, sondern auch unter hygienischen und gesundheitlichen Aspekten. Für die Energieberatung ist es wichtig, diese Betrachtungen miteinzubeziehen, um so die geeignete technische Lösung zu finden. Die kontrollierte Wohnraumlüftung macht hierzu passende Konzepte möglich.

# Raumluftqualität in Wohn- und Nichtwohngebäuden

Die Raumluftqualität wird heute fast ausschließlich im Zusammenhang der Energieeffizienz, namentlich der Wärmerückgewinnung thematisiert. Dabei liefert sie auch die Grundlage für Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden. Lüftungsanlagen bieten in diesem Kontext die technische Antwort unserer Zeit. Es ist jedoch angebracht, sich grundlegenden Anforderungen bewusst zu sein.

**M**ehr als 90% unseres Lebens halten wir uns in Gebäuden auf. Daher beeinflusst das Raumklima in unseren Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräumen entscheidend Wohlbefinden und Gesundheit.

Dieses Wohlbefinden wird vor allem durch die Raumlufttemperatur, Temperaturen der Raumumschließungsflächen, Raumluftbewegung und den Feuchtegehalt der Luft beeinflusst. Hinzu kommen gas- und staubförmige Verunreinigungen, sonstige Emissionen aller Art bzw. Ausdünstungen von Menschen, Baustoffen und Einrichtungsgegenständen.

Auch in Energiekonzepten stellt die Raumluftqualität über diverse Energieeinsparmaßnahmen hinaus die gesundheitliche Basis des Wohlbefindens dar. Dies betrifft nicht nur Wohngebäude und Mehrgeschosswohnbauten, sondern ebenso Arbeitsstätten und im besonderen Schulen und Kindertagesstätten. In letzteren besteht ein enormer Nachholbedarf.

Eine nutzungsgerechte Raumluftqualität und Wärmeversorgung ist in den wenigsten Schulen auch nur annähernd gegeben. Den Konjunkturpaketen sei Dank, lichtet sich der Vorhang zur Öffentlichkeit und es besteht gerade jetzt eine große Chance, im Rahmen der Sanierung von Schulen auch die Raumluftqualität in den Griff zu bekommen. Immer mehr Lehrer sprechen offen darüber, in welchem »Klima«, sie ihren Lehrauftrag zu erfüllen haben.

Im Sommer ist die Hitze in den Räumen unerträglich, im Winter haben die Schüler kalte Hände, Wände sind klamm und kalt. Feuchte Ecken und gar Schimmel sind keine Seltenheit. Die Undichtigkeiten von Fenstern sorgen für unangenehme Luftbewegungen und Zugluft, die im günstigsten Fall als unbehaglich empfunden werden, aber auch Zugscheinungen zur Folge ha-

ben können und das Wohlbefinden massiv beeinflussen. Das durchgehend größte Problem aber sind die CO<sub>2</sub>-Belastungen in geschlossenen Räumen mit einer hohen Anzahl von Menschen, wie es besonders in Schulen, aber auch in Büro- und Verwaltungsgebäuden der Fall ist.

Das bisschen »Luftwechsel«, welcher durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, insbesondere an Fenstern und Türen bislang noch möglich war, wird nun im Rahmen von energetischen Sanierungsmaßnahmen abgedichtet und zugeklebt. Eine natürliche Lüftung ist in unserer heutigen Umwelt, den Abläufen des Unterrichts und des Arbeitsalltags nicht gegeben. Das gilt auch für Industriegebäude, wo noch zusätzliche interne Belastungen hinzukommen. In Wohnungen ist es zeitlich gar nicht möglich, eine konsequente Lüftung von Hand durchzuführen.

Ein Übriges tun die heutigen Baustoffe, die kaum einen Luftausgleich mit sich bringen, wie es beispielsweise früher durch Lehm- oder Kalkputze oder einfach nur wohngesunde Materialien der Fall war.

In der Schule sind es neben der Geräuschkulisse bei offenem Fenster auch Schadstoffe, die sich in der Außenluft konzentrieren. Auch dies führt dazu, dass eine natürliche Lüftung in den seltensten Fällen überhaupt sichergestellt werden kann.

## Belastungen aus der unmittelbaren Umgebung

Raumluftqualität beeinflusst nicht nur die Bausubstanz wie etwa durch den Feuchtegehalt der Raumluft, sondern auch – und dies oftmals umso mehr – den Menschen. Nicht wenige Wissenschaftler verweisen darauf, dass ein Großteil unserer Zivilisationskrankheiten nicht nur durch falsche Ernährung,

sondern auch durch die schlechte Luftqualität in Räumen entstehen.

Da sich das Leben in unserer Kultur doch sehr auf den Innenbereich konzentriert, ist dies ein wichtiger Aspekt. Die immer größer werdenden Anforderungen an den Wärme- und den Schallschutz schaffen hier zusätzliches Problempotenzial. Das Heizen von Räumen mit hohen Vorlauftemperaturen belastet die Raumluft zudem durch Staubverschmelzungen an den heißen Wärmeübertragungsflächen.

Unsere Außenluft ist besonders in Ballungsgebieten größtenteils durch Schadstoffemissionen verunreinigt. Schadstoffe wie Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe und diverse Stäube führen zu großen gesundheitlichen Schädigungen, zu akuten und chronischen Erkrankungen, Schwächung der körpereigenen Abwehr, erhöhter Infektionsanfälligkeit, sowie physischen Störungen.

## Kohlendioxid und Sauerstoff

Der Mensch selbst emittiert ebenso Schadstoffe, die in entsprechender Dosierung zu Selbstvergiftungen führen können, was besonders bei CO<sub>2</sub> der Fall ist.

Die Atmung des Menschen im geschlossenen Raum bewirkt eine Zunahme an CO<sub>2</sub> und eine Abnahme an O<sub>2</sub>. Frischluft enthält etwa 21 % O<sub>2</sub> und 0,04 % (400 ppm) CO<sub>2</sub>. Die ausgeatmete Luft hingegen enthält rund 16 % O<sub>2</sub> und 4 % CO<sub>2</sub>. Bei Sauerstoffmangel und Überschuss an Kohlenmonoxid, werden empfindliche Gehirnzellen gestört. Bereits bei 20 % O<sub>2</sub> und 0,08 % CO<sub>2</sub> zur Ermüdungserscheinungen, Leistungsminderungen ab 0,1 %. Darüber hinaus können Kopfschmerzen auftreten. Ab 0,15 % (1500 ppm) sind Atembeschwerden und Schweratmigkeit die Folge.

Eine Konzentration von 15% O<sub>2</sub> und 5,4% CO<sub>2</sub> führt zum Ersticken.

Was im Wohnhaus einen ungesunden Schlaf durch mangelhafte Sauerstoffzufuhr mit sich zieht, sorgt in der Schule bereits zur ersten Pause für Ermüdungserscheinungen, Konzentrationschwäche oder Kopfschmerzen. Wo doch klar ist, dass besonders Lernen, Konzentration und Aufmerksamkeit ausreichend Sauerstoff verlangt, wird dieses Thema seit Jahrzehnten ignoriert. Private Unternehmen sind in diesem Punkt schon weiter und haben erkannt, wie sich eine entsprechende Raumlufthausqualität nicht nur auf die Krankheitstage, sondern auch auf die Leistungsfähigkeit und sogar auf das Sozialverhalten am Arbeitsplatz nachweisbar bemerkbar macht. Wichtig ist es, in diesem Zusammenhang zu beachten, dass sich bei erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentration auch andere Schad-

stoffe konzentrierter entfalten und dem Körper zu schaffen machen (Tabelle 1).

Für die körperliche Regeneration während des Schlafens ist ein Luftwechsel von 30m<sup>3</sup>/h notwendig um nicht nur Sauerstoff dem Körper zuzuführen, sondern ebenso um die vom Menschen selbst verursachte CO<sub>2</sub>-Belastung zu entsorgen. Bei einer CO<sub>2</sub>-Belastung von mehr als 800 ppm ist der Körper und Geist am morgen erschöpfter als am Abend zuvor.

Diese und andere Belastungen sind über einen entsprechenden Luftwechsel zu entsorgen.

### Feuchtegehalt der Raumlufthaus

Eine zu hohe Raumlufthausfeuchte ist dringend zu verhindern, um Selbstvergiftungen zu vermeiden. Der Mensch atmet täglich ca. 20000l Luft und gibt

## CO<sub>2</sub>-GEHALT DER RAUMLUFT

### Situation I

ständig geschlossene Fenster, »Wintersituation«, 28 Schüler + 1 Lehrer

Zeitverlauf	Beginn	nach 20 min	nach 45 min
Fenster	geschlossen	geschlossen	geschlossen
CO <sub>2</sub> -Gehalt	523 ppm	1 228 ppm	1 845 ppm

### Ergebnis:

Der CO<sub>2</sub>-Wert innerhalb einer Schulstunde steigt stark an.

Nach 45 min werden während der großen Pause 4 Fenster 20 min gekippt (Tür geschlossen, keine Person im Raum). Die Kohlendioxid-Konzentration sinkt auf einen Wert von 1 022 ppm.

### Situation II

ständig geöffnete Fenster (teils gekippt, teils ganz geöffnet), »Sommersituation« 30 Schüler + 1 Lehrer

Zeitverlauf	Beginn	nach 20 min	nach 45 min
Fenster	offen	offen	offen
CO <sub>2</sub> -Gehalt	733 ppm	744 ppm	745 ppm

### Ergebnis:

Der CO<sub>2</sub>-Wert während der Schulstunde bleibt nahezu konstant.

### Situation III

zunächst geschlossene, später geöffnete Fenster plus geöffnete Tür (Querlüften) 28 Schüler + 1 Lehrer

Zeitverlauf	Beginn	nach 20 min	nach 45 min
Fenster und Türen	geschlossen	offen	offen
CO <sub>2</sub> -Gehalt	725 ppm	1 332 ppm	670 ppm

### Ergebnis:

Der CO<sub>2</sub>-Wert innerhalb der Schulstunde steigt stark an.

Querlüften (»Durchzug«) mit ganz geöffneten Fenstern hat sehr guten Effekt (vgl. mit Situation I), selbst wenn der Klassenraum voll besetzt ist.

Tabelle 1: Versuchsreihe in einer Schulklasse

## FEUCHTEGEHALT

Lufttemperatur	relative Luftfeuchte (%)	Wassergehalt der Luft (g/m <sup>3</sup> )	Abgegebene Körperfeuchte je m <sup>3</sup> Atemluft
0°C – Schneefall	100	4,84	39,08
0°C – schöner Wintertag	50	2,42	41,50
4°C – schöner Herbsttag	100	6,40	37,52
18°C – ausgeglichenes Raumklima	45	6,93	36,99
20°C – ausgeglichenes Raumklima	50	8,65	35,27
20°C – trockenes Raumklima	25	4,33	39,59
20°C – feuchtes Raumklima	70	12,11	31,81
30°C – schöner Sommertag	10	3,03	40,89
30°C – schwüler Sommertag	40	12,12	31,80
30°C – tropisches Klima	100	30,30	13,62

**Tabelle 2: Einfluss der Lufttemperatur und -feuchte auf die abgegebene Körperfeuchte je m<sup>3</sup> Außenluft**

unter normalen Bedingungen 60g Wasserdampf pro Stunde ab. Bei hoher Luftfeuchte jedoch wesentlich weniger, wie beispielsweise nur 30g/h bei ca. 70% relativer Feuchte und 20°C Raumlufttemperatur, bei anstrengender Tätigkeit und in trocken-warmer Luft bis zu 150g pro Stunde.

Die ausgeatmete Luft ist mit Wasserdampf gesättigt und auf Körpertemperatur erwärmt. Daraus resultiert, dass die ausgeatmete Luft bei einer Körpertemperatur von 37°C je m<sup>3</sup> Luft 43,92g Wasser enthält. Die Befeuchtung erfolgt durch die Innenoberfläche der Lunge, die mehr als 100m<sup>2</sup> misst. Je kühler und trockener die eingeatmete Luft ist, umso mehr Wasserdampf nimmt sie beim Vorgang des Atmens

auf. Mit dem Wasserdampf werden zugleich toxische Stoffwechselprodukte ausgeatmet (Tabelle 2).

### Raumluftqualität und Energieeffizienz

Mit einer zentralen Lüftungsanlage besteht die Möglichkeit, diverse Frischluftfilter einzusetzen, welche die größten Belastungen der Außenluft aussortieren, was bei dezentralen Lüftungskonzepten nicht immer möglich ist. Es sollen aber durch die Abluftanlage nur die Belastungen entsorgt werden, nicht die Wärme. Eine zentrale Lüftungsanlage ermöglicht die Rückgewinnung von Wärme aus der Abluft, die über einen Zuluftkanal in das Gebäude bzw. den Raum wieder zurückgeführt wird. Der Wärmerückgewinnungsgrad beträgt etwa 85%. Auf diese Weise kann der Heizwärmebedarf um die Lüftungswärmeverluste entsprechend reduziert werden.

Bei passiver Nutzung der Sonneneinstrahlung durch transparente Flächen in das Gebäude, kann in den Übergangszeiten schon eine Grundlastabdeckung erfolgen, wenn dies ermöglicht wird. Um zu trockene Raumluft und somit Austrocknung und Reizungen der Atemwege zu vermeiden, empfehlen sich Rotationswärmetauscher mit Feuchterückgewinnung oder entsprechende Baumaterialien wie Lehm oder Kalk, die ganz ohne Technik schon einen gewissen Feuchteausgleich gewährleisten.



Quelle: Forum Wohnenergie

**Bild 1: Mit Messtechnik lässt sich Raumluftqualität hinreichend bestimmen**

### Bedarfsorientierte Regelung von Lüftungsanlagen

Doch Lüftungskanäle und Ventilatoren sind nicht das wichtigste. Viel mehr geht es um eine bedarfsorientierte Regelung der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Leider ist die Marktsituation so, dass es eine Vielzahl von verschiedenen Raumtemperatursensoren gibt, aber kaum brauchbare Sensorik für die Raumluftqualität.

Der Gebäudetechniker wird sich in Zukunft diesem Thema mit einer entsprechenden Messtechnik (Bild 1) zur Diagnostik von Raumluftqualitäten annehmen müssen, da es sich auch hier um keine statischen, berechenbaren Größen handelt, sondern schwankend nach den jeweiligen Belastungen, die stets wechselhaft, aber doch vorhersehbar sind. Zudem sollten insbesondere CO<sub>2</sub>- und Feuchte-Sensoren mit Schaltausgängen nicht nur in Wohnräumen, sondern besonders in Schulen und in allen geschlossenen Räumen wo eine Vielzahl Menschen sich aufhalten, zur Steuerung einer Lüftungsanlage ausgestattet werden.

### Fazit

Die energetische Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden muss auch eine ernsthafte lebensklimatische Betrachtung beinhalten und ist – nicht zuletzt aufgrund der vielen Versäumnisse und gestiegenen Umweltbelastungen – eine sehr anspruchsvolle und umfassende Aufgabe, die eine Vielzahl von Potenzialen birgt, die eine energieeffiziente Wärmeversorgung, sowie die Sicherstellung einer gesundheitsfördernden Raumluftqualität vereint.

Frank Hartmann,  
Forum Wohnenergie, Zeilitzheim

## MEHR INFOS

»de«-Dossier »Wärmepumpen«  
[www.de-online.info](http://www.de-online.info) -> Fachthemen  
-> Gebäudetechnik -> Wärmepumpen

### Im Web

- [www.bafa.de](http://www.bafa.de)
- [www.forum-wohnenergie.de](http://www.forum-wohnenergie.de)
- [www.waermepumpe.de](http://www.waermepumpe.de)

### Buch zum Thema

Hartmann, Frank: Systemtechnik für Wärmepumpen – 300 Seiten, kartoniert,  
39,80€, ISBN 978-3-8101-0230-0,  
Hüthig & Pflaum Verlag  
[www.de-online.info/shop](http://www.de-online.info/shop)