

# Dicke Luft in der Schule

Die Verunreinigung der Innenraumluft in Schulen ist ein hygienisches Problem. Häufige Ursachen sind bauliche Mängel, unsachgemäßes und nicht ausreichendes Lüftungsverhalten, fehlende Lüftungen, Verwendung ungeeigneter Bauprodukte, Einrichtungs- und Ausstattungsgegenstände sowie Reinigungsprodukte, die temporär oder beständig chemische Stoffe in die Raumluft emittieren. Verzögerungen bzw. Aufschieben von Reparaturen bei undichten Dächern und Rohrleitungen führen zu hoher Feuchtigkeit mit mikrobiellem Befall (Schimmel, Bakterien). Auch Schüler und Lehrkräfte tragen zur Verunreinigung der Innenraumluft bei: Kohlendioxidanreicherung, Abgabe von chemischen Substanzen an die Raumluft durch menschliche Stoffwechselprodukte (Geruchsstoffe, Aceton, Alkohole), Schadstoffe aus der Kleidung sowie Pflegeprodukte. Werkstätten, Kunsträume, naturwissenschaftliche Fachräume sind ebenfalls Quellen für Schadstoffe in der Innenraumluft von Schulen.

## Die Hauptverunreinigungen der schulischen Innenluft sind:

- Hohe Kohlendioxidkonzentration aufgrund unzureichender Lüftung
- Mikrobieller Befall des Schulgebäudes durch zu hohe Feuchtigkeit aufgrund von Schäden und baulichen Mängeln
- Emissionen aus Bauprodukten, Einrichtungs- und Ausstattungsgegenständen, Reinigungs- und Pflegemitteln
- Unangenehme Gerüche, stickig riechende Luft (Mief) bei unzureichender Lüftung
- Feinstäube durch Außenluft und Innenraumquellen (Faserstaub)
- mögliche Radonbelastung bei erdnahen Schulräumlichkeiten

Die mangelte Innenraumluftqualität führt zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen – dem „Sick-Building-Syndrom“ (SBS). Die Betroffenen leiden unter zumeist unspezifischen Beschwerden wie tränenden Augen, gereizten Schleimhäuten, Kopfschmerzen, Müdigkeit, mangelnder Konzentration, Unwohlsein, juckende Haut und allergischen Symptomen. Daraus folgt ein erhöhter Krankenstand.

Eine Reduzierung der Luftschadstoffbelastung in Schulen kann nur über eine Reduktion vorhandener Emissionsquellen und regelmäßiges Lüften erreicht werden. Eine zu hohe Kohlendioxidkonzentration in Unterrichtsräumen ist ein klassischer Indikator für mangelnde Frischluftzufuhr. Wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration durch ausreichende Lüftung in einem hygienisch unbedenklichen Bereich gehalten, erfolgt gleichzeitig eine Reduktion der Feuchtigkeit, der chemischen Schadstoffe sowie der Feinstäube.

## CO<sub>2</sub>

Bereits der bayerische Chemiker und Hygieniker Max von Pettenkofer hat 1858 festgestellt, „...dass keine Luft behaglich ist, welche mehr als 1 Vol.-% CO<sub>2</sub> enthält.“<sup>1</sup> Bem.: 1 ‰ = 0,1 % = 1000 ppm (parts per million). Die Pettenkoferzahl von 1 Volumenpromille Kohlendioxid war für 150 Jahre der Leitwert für Kohlendioxid in der Raumluft. Im Jahr 2008 hat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe

---

<sup>1</sup> Max von Pettenkofer: Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Cotta München 1858; Online: [https://archive.org/stream/bub\\_gb\\_3aFLAAAcAAJ#page/n3/mode/2up](https://archive.org/stream/bub_gb_3aFLAAAcAAJ#page/n3/mode/2up) 20180924

Innenraumrichtwerte<sup>2</sup> des Umweltbundesamtes (UBA) und der Obersten Landesgesundheitsbehörden aus der Bewertung aktueller Interventionsstudien gesundheitlich-hygienisch begründete Leitwerte für Kohlendioxid in der Raumluft abgeleitet. Danach gelten Konzentrationen unter 1000 ppm Kohlendioxid in der Raumluft als unbedenklich, Konzentrationen zwischen 1000 und 2000 ppm als auffällig und Konzentrationen über 2000 ppm als inakzeptabel<sup>3</sup>.

Hygienische Bewertung der Kohlendioxid-Konzentration in der Innenraumluft mithilfe von Leitwerten (bezogen auf die aktuelle vorliegende Konzentration – Momentanwerte). Die Empfehlung mit kurzfristig durchzuführenden Maßnahmen bauen aufeinander auf. Die Kohlendioxid-Leitwerte können z.B. im Sinne einer Lüftungsmappe (grün-gelb-rot) verwendet werden		
CO <sub>2</sub> -Konzentration in ppm	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1000 - 2000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahme (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raums prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

Datenquelle: Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 11 · 2008 · Tab. 4 · S. 1368

Für mechanisch belüftete Nichtwohngebäude (Schule) gelten die mit der DIN EN 13779<sup>4</sup> in vier Stufen eingeteilten Wertebereiche.

Klassifizierung der Raumluftqualität nach DIN EN 13779:2007-09 (DIN 2007-09). Die Tabelle enthält in den Spalten 1-3 und 5 die Vorgaben der DIN EN 13779. Spalte 4 stellt beispielhaft für eine CO <sub>2</sub> -Außenluftkonzentration von 400 ppm absolute CO <sub>2</sub> -Konzentrationen in der Innenraumluft vor				
Raumluft-Kategorie (Indoor Air)	Beschreibung	Erhöhung der CO <sub>2</sub> -Konzentration gegenüber der Außenluft in ppm	Absolute CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Innenluft in ppm	Lüftungsrate/Außenluftstrom in l/s Person (in m <sup>3</sup> /h Person)
IDA 1	Hohe Raumluftqualität	400	800	> 15 (>54)
IDA 2	Mittlere Raumluftqualität	> 400 - 600	> 800 - 1000	10 - 15 (> 36 - 54)
IDA 3	Mäßige Raumluftqualität	> 600 - 1000	> 1000 - 1400	6 - 10 (> 22 - 36)
IDA 4	Niedrige Raumluftqualität	> 1000	> 1400	< 6 (< 22)

Datenquelle: Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 11 · 2008 · Tab. 3 · S. 1366

CO<sub>2</sub>-Ampeln (Messgeräte) in Unterrichtsräumen erinnern an eine rechtzeitige Lüftung der Unterrichtsräume.

<sup>2</sup> heute: Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR)

<sup>3</sup> Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, November 2008, Volume 51, Issue 11, pp 1358–1369

<sup>4</sup> DIN (2007) Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme. DIN EN 13779: 2007-09. Beuth, Berlin

## **Hier Bild CO2 Ampel (1 Bild)**

- **L-5020-0110 - CO2 Ampel**
- **Freigabe Hersteller schriftlich (Email) vorhanden**

## **VOCs**

Eine weitere Verunreinigung der Innenraumluft in Schulen sind die flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs<sup>5</sup>). Quellen für VOC-Ausdünstungen in der Schule sind Bauprodukte sowie Einrichtungs- und Ausstattungsgegenstände. Beispielsweise Fußboden-, Wand- und Deckenmaterialien, Farben, Lacke, Klebstoffe, Abdichtungen, Möbel, Verdunkelungsrollen, Dekormaterialien etc.. Einerseits verdunsten Lösemittel aus flüssigen oder pastösen Produkten, aber auch feste Produkte, wie z.B. Kunststoffe, können beständig aus ihrem Inneren VOCs abgeben (Bsp. Flammschutzmittel, Weichmacher, Monomere). Pflege-, Reinigungs- und Schreibprodukte sind ebenso mögliche Quellen. VOCs können auch natürliche Quellen haben, wie Terpene aus Nadelhölzern oder menschliche Stoffwechselprodukte (Geruchsstoffe, Aceton, Alkohole).

Die einzelnen VOCs können sehr unterschiedliche Wirkungen haben – sowohl akute als auch Langzeitwirkungen. Diese reichen von Geruchsbelästigungen, Reizungen der Augen, der Haut und der Atemwege bis hin zu Krebs erzeugenden oder Erbgut schädigenden sowie Fortpflanzung beeinträchtigenden Wirkungen. Die mittlere Gesamtkonzentration in Innenräumen sollte maximal bei 0,3 mg/m<sup>3</sup> liegen, sofern einzelne VOCs den individuellen Richtwert nicht überschreiten. Die Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte (AIR) des Umweltbundesamtes hat für viele Stoffe und Stoffgruppen aus den VOCs gesundheitlich begründete Richtwerte abgeleitet.

Bei den Bauprodukten sowie Einrichtungs- und Ausstattungsgegenständen sollten emissionsarme Produkte eingesetzt werden. Meist sind diese mit einem Umweltzeichen wie dem Blauen Engel und/oder dem EU Ecolabel gekennzeichnet.

## **Hier Blauer Engel und EU Ecolabel einfügen (2 Bilder der Logos)**

- **BE\_Logo\_JuryUmweltzeichen\_MenschUmwelt.svg; gemeinfrei**
- **Ecolabel\_logo, Freigabe schriftlich von RAL gGmbH**

---

<sup>5</sup> Volatile Organic Compounds; s. 31. BImSchV § 2 Begriffsbestimmungen, Abs. 11

Die Baumaterialien sollten nach dem AgBB<sup>6</sup>-Bewertungsschema geprüft sein. Intensives Lüften während und nach Beendigung der Bau- und Renovierungsarbeiten verringert oder kann erhöhte VOC-Konzentrationen vermeiden. Bei der Planung muss eine Ausgasungszeit mit berücksichtigt werden. Zudem sollte geprüft werden, wann temporäre Belastungen abgeklungen sind und die Nutzung gesundheitlich unbedenklich ist.

## Stäube

Stäube sind feste Teilchen/Partikel, die in der Raumluft über längere Zeit schweben oder sich in kurzer Zeit ablagern, z.B. mineralische Baustäube. Die Partikelgröße variiert von Nanometer (nm) bis zu Mikrometer (µm). Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer dringen sie in die Atemwege ein. Ultrafeine Partikel können über die Lungenbläschen sogar in die Blutbahn gelangen und werden im Körper verteilt. Die gesundheitliche Wirksamkeit der Stäube hängt neben der Partikelgröße, von deren chemischer und biologischer Zusammensetzung sowie von ihrer Struktur und Form ab.

Quellen für Stäube in Schulinnenräumen sind:

- Außenluft
- Einträge über Schuhe, Kleidung, Haut und Haare
- Schulunterricht in Lehrküchen, Werkstätten sowie Kunstunterricht
- Experimente in der Chemie und in der Physik
- Kopierer und Laserdrucker
- Abgehängte Decken (künstliche Mineralfasern)

Bei Faserstäuben aus Bauprodukten muss man zwischen Asbest- und künstlichen Mineralfasern (KMF; Glas-, Steinwolle) unterscheiden. Die Problematik asbesthaltiger Bauprodukte, welche bis in die 1980er Jahre in Schulen verbaut wurden, sollte hinlänglich bekannt sein (Asbestose, Krebs der Lunge, des Rippen- und Bauchfells). Asbestzementprodukte (Dach-, Fassadenplatten, Wasserleitungsrohre etc.) sind weniger kritisch als Spritzasbest, der aus Feuerschutzgründen in Schulgebäuden eingebaut wurde, da die Fasern trotz Alterungsprozessen fester gebunden sind.

Künstliche Mineralfasern werden in Schulen überwiegend in der Wärmedämmung und zum Schallschutz verwendet. KMF reizen die Augen, die Haut sowie die oberen Atemwege. Der mögliche Haupteintrag in Schulräumen kann durch abgehängte Deckenkonstruktionen zu Schallschutzzwecken, sogenannten Akustikdecken, erfolgen, wenn diese ohne einen funktionsfähigen Rieselschutz eingebaut wurden. Bei Umbauarbeiten/Renovierungen im Bereich der Wärmedämmung und Schallschutz muss mit einer deutlich erhöhten Konzentration von Fasern gerechnet werden.

Bei den Stäuben spielen die Reinigungsintervalle/-methoden sowie der Boden in den Unterrichtsräumen eine große Rolle. Teppichböden sind gegenüber glatten, wischbaren Bodenbelägen in puncto Staubkonzentrationen kritischer. Werden die Räumlichkeiten täglich gereinigt oder nur wöchentlich? Werden Staubsauger mit HEPA-Filter etc. verwendet? Was steht in den Reinigungsplänen und werden diese auch beachtet?

Was ist zu tun um die Staubkonzentration in Unterrichtsräumen zu reduzieren:

- regelmäßiges Lüften
- regelmäßige Reinigung nach Plan

---

<sup>6</sup> Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten, weitere Informationen sind beim Umwelt Bundesamt erhältlich

- regelmäßige Wartung des Lüftungssystems (Filterwechsel, Kontrolle Lüftungskanäle auf Sauberkeit und Dichtheit)

Neben den chemischen und physikalischen Verunreinigungen der Innenraumluft in Schulen treten häufiger auch biologische Verunreinigungen auf. Die Gründe für mikrobiellen Befall von Schulgebäuden aufgrund der hohen Feuchtigkeit kann in baulichen Mängeln (Taubildung an „Kältebrücken“, Erdfeuchte in Kellerwänden), in Gebäudeschäden (undichte Dächer, Fenster oder Rohrleitungen) oder in der unzureichenden Lüftung der Unterrichtsräume liegen. Auf den Baumaterialien wachsen Schimmelpilze und andere Mikroorganismen (Bakterien, Hefen, Protozoen). Schimmelpilze bilden leberschädigende und krebserzeugende Giftstoffe (Aflatoxine) und können Allergien auslösen. Die Symptome sind vielgestaltig und recht unspezifisch, dazu gehören: Husten, Schnupfen, Bindehautentzündung, Asthma, Hautveränderungen, Migräne, Magen-Darm-Beschwerden, Gelenksbeschwerden. Auch Schimmelpilzwachstum infolge von Feuchtigkeitsschäden trägt mit ihren flüchtigen Stoffwechselprodukten (Alkohol-, Aldehyd- und Ketonverbindungen) zur VOC-Belastung der Innenraumluft bei. Sie werden MVOC genannt – **M**icrobial **V**olatile **O**rganic **C**ompounds. Im „Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelfeuchtigkeit in Gebäuden<sup>7</sup>“ des Umweltbundesamtes (Hrsg.) vom Dezember 2017 finden sich viele wertvolle Tipps und Hinweise für Betroffene sowie für alle beteiligten Fachkreise – 192 Seiten zum Download als PDF.

## Radon

Das radioaktive Edelgas Radon-222, das durch den radioaktiven Zerfall von natürlich vorkommendem Uran oder Thorium in Gesteinen entsteht, kann eine weitere Quelle der Verunreinigung der Innenraumluft in Schulen sein. Die Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Innenraumluft von Gebäuden wird beeinflusst durch die Dichtheit der erdberührenden Gebäudehülle, durch das Vorkommen von Radon im Untergrund der Schule und durch den Luftaustausch im Gebäude. Radon dringt vornehmlich über Risse, Spalten und Fugen in erdberührenden Wänden und der Bodenplatte ein. Eine mögliche Radonbelastung bei erdnahen Schulräumlichkeiten hängt sowohl von der geologischen Formation (Radongehalt des Bodens), als auch vom Zustand der Gebäudehülle ab. So kann die Radonbelastung bei einer Schule im Südschwarzwald (hoher Radongehalt im Boden) bei dichter Gebäudehülle im Erdreich viel niedriger sein als bei einer Schule im Rheinschotter mit undichter Gebäudehülle.

Radon und seine radioaktiven Zerfallsprodukte führen in der Lunge durch seine  $\alpha$ -strahlenden Zerfallsprodukte zu einer erhöhten Strahlenexposition. Gleich nach Tabakrauch wird Radon als die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs in Deutschland angesehen. Ungefähr 5 % der jährlichen Todesfälle durch Lungenkrebs in Deutschland werden auf die langjährige Exposition durch Radon zurückgeführt.

Der Referenzwert für die über das Jahr gemittelte Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft an Arbeitsplätzen beträgt 300 Becquerel je Kubikmeter (§ 126 StrlSchG<sup>8</sup>). Wichtige Fachorganisationen wie die Weltgesundheitsorganisation WHO und die deutschen Fachgesellschaften Deutsche Gesellschaft für Medizinische Informatik Biometrie und Epidemiologie (GMDS), Deutsche Gesellschaft für Epidemiologie, Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) sowie das Bundesamt für

<sup>7</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/www.umweltbundesamt.de/schimmelleitfaden> 20180927

<sup>8</sup> BGBl 2017 Nr. 42 S. 1966ff

Strahlenschutz sprechen wegen des hohen Lungenkrebsrisikos durch Radon für einen Referenzwert von 100 Bq/m<sup>3</sup> aus.

Das Umweltministerium Baden-Württemberg hat in einem BWPLUS-Forschungsvorhaben in den Jahren 2014 bis 2016 „Radon in baden-württembergischen Schulen“ untersucht. Von den 172 teilnehmenden Schulen wurde bei 48 mindestens ein Aufenthaltsraum mit Referenzwertüberschreitung von 300 Bq/m<sup>3</sup> festgestellt, in 128 Schulen lag mindestens ein Wert über dem WHO-Richtwert von 100 Bq/m<sup>3</sup>. Bei Referenzwertüberschreitung dürfen die Räumlichkeiten nicht mehr als Aufenthaltsraum genutzt werden und eine Radonsanierung ist angesagt: Gasdichte Abdichtung der erdberührenden Gebäudehüllen, Absaugung der Bodenluft im Erdreich, Belüftungsanlage gegebenenfalls mit Überdruck etc..

Die Radon-Jahresmittelwerte in Aufenthaltsräumen können durch kostengünstige Radonexposimeter für Langzeitmessungen (3 Monate bis 1 Jahr) bestimmt werden – Kosten ab € 35 incl. Auswertung.

In Räumen mit viel CO<sub>2</sub> finden sich häufig große Mengen von:

- Feinstaub
- chemischen Schadstoffen
- Schimmel
- anderen Krankheitserregern<sup>9</sup>

→ Die Kohlendioxidkonzentration kann als Leitwert für Verunreinigung der Innenraumlufte mit Allergenen, mikrobiellen oder chemischen Belastungen in Schulen herangezogen werden. Eine CO<sub>2</sub>-Ampel (CO<sub>2</sub>-Messgerät) mahnt zum rechtzeitigen Lüften.

Treten gesundheitliche Beeinträchtigungen auf, bei denen ein Zusammenhang mit Verunreinigungen der Innenraumlufte vermutet wird, sollten Sachverständige einbezogen werden. Melden Sie sich bei ihrem zuständigen Betriebsarzt (BAD) mit der Problematik. Der Schulträger sollte über die Schulleitung informiert werden. Des Weiteren kann der Arbeitsschutzausschuss (ASA) sowie der ÖPR informiert werden. Eine sehr gute Informationsquelle für Lehrkräfte, Schulleitungen, Schulträger sowie Planer ist die Publikation des Umweltbundesamtes (Hrsg.) „Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden“<sup>10</sup> vom August 2008 – 142 Seiten zum Download als PDF.

*„Ich bin auf das lebendigste überzeugt, daß wir die Gesundheit unserer Jugend wesentlich stärken würden, wenn wir in den Schulhäusern, in denen sie durchschnittlich fast den fünften Theil des Tages verbringt, die Luft stets so gut und rein erhalten würden, daß ihr Kohlensäuregehalt nie über 1 Promille anwachsen könnte.“ (Max von Pettenkofer, 1858)*

<sup>9</sup> Q.: ARD plusminus Sendetermin: Mi, 11.10.17 21:45 Uhr Das Erste;  
<https://www.daserste.de/information/wirtschaft-boerse/plusminus/schadstoffe-schule-kinder100.html>  
20180923

<sup>10</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-fuer-innenraumhygiene-in-schulgebaeuden>  
20180927

