

*In Schulen und Kindertagesstätten wird vermehrt auf eine gute Umgebung zum Lernen und Aufwachsen geachtet. Doch kaum jemand achtet auf das was uns täglich umgibt - Luft. Eine zu Hohe Konzentration von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Luft hat negative Auswirkungen. Mit Hilfe von CO<sub>2</sub>-Messungen können derartige Auswirkungen verringert werden.*

### Was ist Kohlendioxid?

Bei Kohlendioxid, Kohlenstoffdioxid oder kurz CO<sub>2</sub> handelt es sich um ein farb- und geruchloses Gas bestehend aus Kohlenstoff und Sauerstoff. Die Konzentration der Erdatmosphäre liegt bei etwa 400 parts per million (ppm). Ein solcher Wert ist der natürliche Bestandteil der Umgebungsluft. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration erhöht sich entweder durch die Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Substanzen oder durch die Zellatmung als Abbauprodukt im Organismus von Lebewesen.

Folgende Faktoren beeinflussen die CO<sub>2</sub>-Konzentration in geschlossenen Räumen:<sup>1</sup>

- Anzahl der Personen
- Raumvolumen
- Aufenthaltsdauer der Personen
- Aktivität der Innenraumnutzer
- Luftwechsel bzw. Außenluftvolumenstrom

### Raumluftqualität

Die Raumluftqualität beschreibt all jene Aspekte der Raumluft, die Auswirkungen auf das Wohlbefinden einer Person haben. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration gilt als Leitparameter für die von Menschen verursachte Luftverunreinigung

(bei Atmung) und somit auch für die Raumluftqualität.<sup>2</sup> Bei einem CO<sub>2</sub>-Wert von 800 ppm gilt die Raumluftqualität als gut. Bei einer Messung ab 1.400 ppm

wird die Raumluftqualität als zu niedrig eingestuft, sodass dringend gelüftet werden sollte. Die in Deutschland eingeführte DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden-Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme“ hat vier Qualitätskategorien zur Bewertung der Raumluftqualität eingeführt.<sup>3</sup>



#### Klassifizierung der Raumluftqualität nach DIN EN 13779: 2007-09 (DIN 2007-09)

Raumluft-kategorie	Raumluft-qualität	CO <sub>2</sub> -Konzentration
IDA 1	hoch	≤ 800
IDA 2	mittel	> 800-1.000
IDA 3	mäßig	> 1.000-1.400
IDA 4	niedrig	> 1.400

Ab einem Wert von etwa 5.000 ppm kann sich Kohlendioxid bereits negativ auf die Gesundheit auswirken. Das Umweltbundesamt stuft jedoch bereits CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von über 2.000 ppm als inakzeptabel ein. Auch Studien haben bewiesen, dass bereits ein Wert von 1.500 ppm Auswirkungen auf die Zunahme von Symptomen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und Konzentrationsschwäche hat.<sup>4</sup> Die Ad-hoc Arbeitsgruppe zeigt in ihrer Bekanntmachung des Umweltbundesamtes eine hy-

gienische Bewertung der Kohlendioxid-Konzentration mit kurzfristig durchzuführenden Maßnahmen auf:<sup>5</sup>

Hygienische Bewertung der Kohlendioxid-Konzentration in der Bekanntmachung des Umweltbundesamtes		
CO2 (ppm)	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
< 1.000	unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1.000 bis 2.000	auffällig	Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2.000	inakzeptabel	Belastbarkeit des Raums prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

## CO2 in Schulen und Kindertagesstätten

In Schulen sollten für SchülerInnen und LehrerInnen eigentlich optimale Arbeitsbedingungen herrschen. Auch Kleinkinder in Kindertagesstätten sollten sich innerhalb der Kita in einer guten Raumluftqualität bewegen. Doch insbesondere in diesen beiden Bereichen sind die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen besonders hoch. Denn hier halten sich viele Personen in meist kleinen Innenräumen für einen längeren Zeitraum auf. Die dadurch erhöhten Kohlendioxid-Konzentrationen werden durch verschiedenste Studien belegt. Untersuchungen in 26 Kindertagesstätten in den

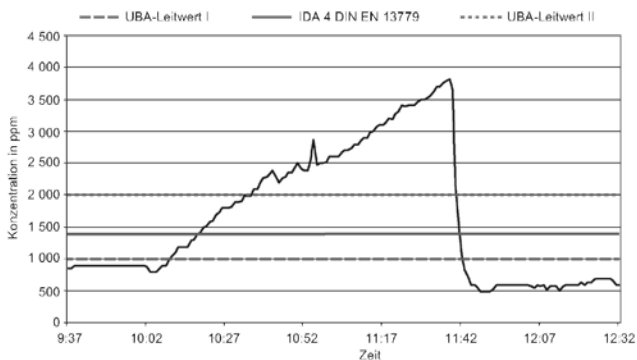


USA ergaben, dass in mehr als 50% der Kitas die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Werte bei über 1.000 ppm lagen. In Kitas ist dabei besonders die Schlafenszeit der Kinder zu beachten, hier wurden besonders hohe Kohlendioxid-Konzentrationen gemessen. In kalten Jahreszeiten, in denen vermehrt Atemwegserkrankungen auftreten, ist es zudem umso wichtiger die CO<sub>2</sub>-Werte durch entsprechendes Lüften gering zu halten. Denn durch eine niedrige Raumluftqualität erhöht sich die Ansteckungsgefahr. Auch wenn die Außentemperatur kalt ist, sollte daher dennoch eine Stoßlüftung erfolgen bis der Kohlendioxid-Gehalt wieder unter dem hygienischen Grenzwert liegt.<sup>6</sup>

In Österreich wurden insgesamt zehn Schulen untersucht. Darunter waren sowohl Neubauten als auch Altbauten sowie stark und schwach belegte Klassenräume. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration wurde während mehrerer Unterrichtseinheiten kontinuierlich aufgezeichnet. Die LehrerInnen haben nach ihrem üblichen Lüftungsverhalten die Fenster geöffnet bzw. geschlossen. Die Ergebnisse zeigten, dass der Median der Durchschnittskonzentration für CO<sub>2</sub> bei 1.370 ppm lag, der Median der Maximalwerte lag bei 2.090 ppm. In einem Klassenraum lag die absolute Maximalkonzentration an CO<sub>2</sub> nach etwa 100 Minuten geschlossenen Fenstern und 22 bis 23 anwesenden Schülern bei 6.680 ppm.<sup>7</sup>

Auch die Unfallkasse Nordrhein-Westfalen hat in ihrer Beurteilung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in Klassenräumen eigene Messungen vorgenommen. Die folgende Grafik zeigt, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt in einer Grundschulklasse nach 90 Minuten (zwei Unterrichtsstunden) ohne Lüf-

tung bereits auf fast 4.000 ppm angestiegen ist. Zudem ist zu erkennen, dass bereits zu Beginn des Unterrichts die Kohlendioxid-Konzentration fast 1.000 ppm beträgt. Nur wenige Minuten nach betreten des Klassenraums übersteigt der CO<sub>2</sub>-Wert den hygienischen Grenzwert.<sup>8</sup>



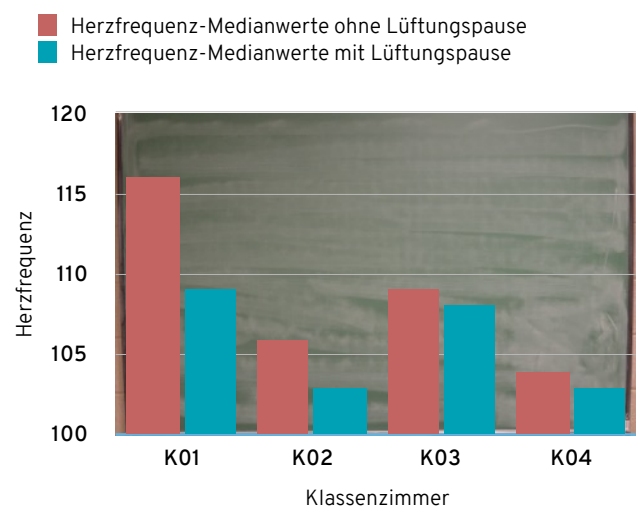
### Auswirkungen von CO<sub>2</sub>

Die Unfallkasse Hessen hat auf Grundlage der verschiedenen Studien zur CO<sub>2</sub>-Belastung die Auswirkungen dieser genauer untersucht und zusammengefasst. CO<sub>2</sub>-Konzentrationen die über dem hygienischen Grenzwert (über 1.000 ppm) liegen, können folgende Auswirkungen haben:

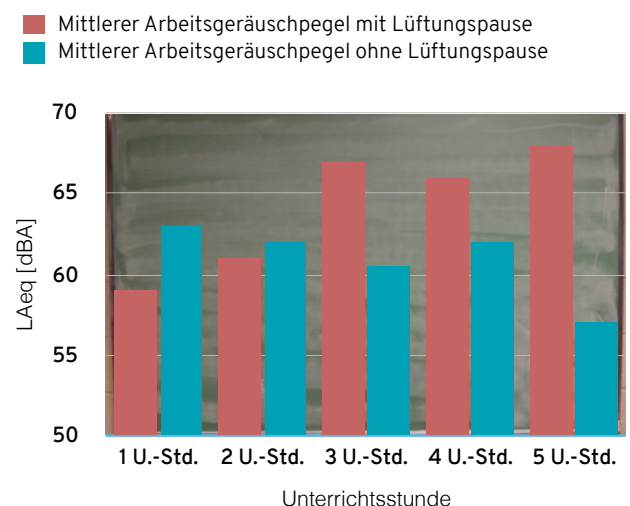
- Ermüdung
- erhöhte Herzfrequenz
- erhöhter Geräuschpegel
- niedrigere Aufmerksamkeit
- auffälliges Sozialverhalten

Diese Auswirkungen haben allesamt auch einen negativen Einfluss auf die Lernleistung von Kindern. Bspw. deutet eine niedrige Herzfrequenz auf Entspannung hin, eine höhere auf Anspannung. Die Unfallkasse Hes-

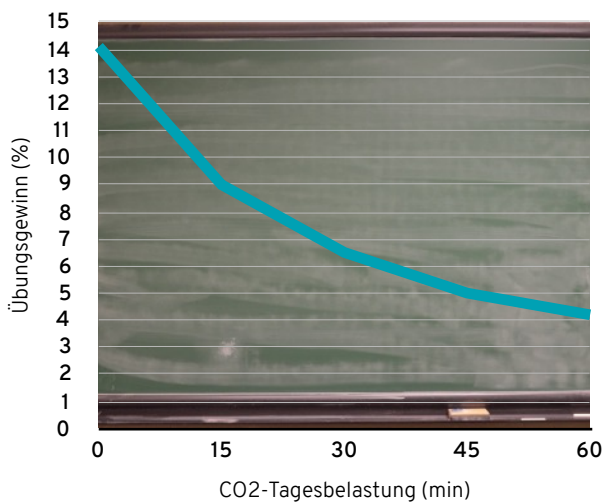
sen hat die verschiedenen Auswirkungen ein-erseits mit einer Lüftungspause von zwei Minuten gemessen und andererseits ohne ein-er solchen. Durch die Lüftungspause hat sich gezeigt, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration deutlich sinkt und dies wiederum hatte eine positive Auswirkung auf die Herzfrequenz der Schüler-Innen. Dadurch sind die Kinder deutlich weniger angespannt.



Auch der Geräuschpegel hat sich zum positiven verändert. Ohne Lüftungspausen wurde dieser über den Tag hin immer lauter. Dagegen blieb der Geräuschpegel mit Lüftungspausen weitestgehend konstant und nahm in der fünften Unterrichtsstunde ab.



Um den Einfluss von CO<sub>2</sub> auf die Aufmerksamkeit zu überprüfen wurden ebenfalls Tests durchgeführt. Diese zeigten, dass der Lerneffekt der SchülerInnen abhängig von der gesamten Kohlendioxid-Tagesbelastung ist und bei niedrigerer CO<sub>2</sub>-Konzentration der Lerneffekt höher ist sowie der Ermüdungseffekt geringer.

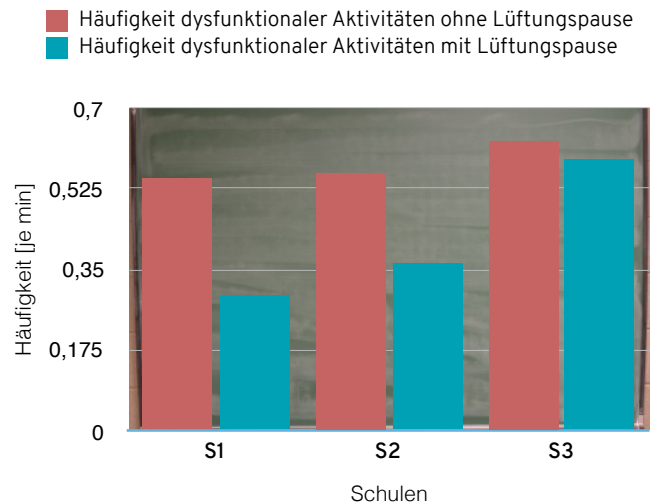


Auch wurde beobachtet, dass sich Ermüdung in Unruhe äußert. Daher wurden die dysfunktionalen Aktivitäten der SchülerInnen im Zusammenhang mit der CO<sub>2</sub>-Konzentration untersucht. Unter dysfunktionalen Aktivitäten, werden die Aktivitäten verstanden, die auf irgendeiner Art und Weise störend auf den Unterricht wirken. An drei verschiedenen Schulen hat sich die Häufigkeit jener Aktivitäten nach Einführung der Lüftungspause verringert. Mit Abnahme der Häufigkeit von dysfunktionalen Aktivitäten nimmt auch die Häufigkeit von „Disziplinierungen“ ab. Die LehrerInnen mussten ihre SchülerInnen



weniger Ermahnen oder Unterlassungsaufforderungen machen. Dadurch entspannt sich die Unterrichtssituation und verbessert sich die Konzentration der SchülerInnen.

demnach weniger Ermahnen oder Unterlassungsaufforderungen machen. Dadurch entspannt sich die Unterrichtssituation und verbessert sich die Konzentration der SchülerInnen.



Die Studie zeigt auch, dass der Dialoganteil stark ansteigt und sich die „mündliche Mitarbeit“ deutlich verbessert. Insgesamt zeigt sich, dass mit einer niedrigeren CO<sub>2</sub>-Konzentration die Ermüdung geringer wird, die Leistungsbereitschaft und Aufmerksamkeit steigt, die SchülerInnen ruhiger sind und weniger stören. All dies führt zu verbesserten Lern- und Lehrbedingungen.<sup>8</sup>

### Lösungen

Um eine ideale Lern- und Lehrumgebung zu schaffen, sollte also darauf geachtet werden, dass die Raumluftqualität stets angemessen und bestenfalls unter dem hygienischen Grenzwert von unter 1.000 ppm liegt. Um dies zu gewährleisten sind CO<sub>2</sub>-Messgeräte die ideale Lösung. Wird die tatsächliche Kohlendioxidkonzentration gemessen, können die Räume so belüftet werden, dass die Raumluftqualität stets zu den bestmöglichen Lern- und Lehrbe-

dingungen führt. Auch helfen CO<sub>2</sub>-Messungen dabei, die Raumluftqualität objektiv zu bewerten. Denn der subjektive Eindruck beim Lüften, ist oftmals trügerisch. Im Bereich der Schulen und Kindertagesstätten bieten sich als kostengünstige Möglichkeit zum Messen der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, insbesondere Ampel- oder Tonwarnsysteme an. Beim Ampelsystem werden mit Hilfe eines Farbdisplays die Kohlendioxid-Werte angezeigt. So kann bspw. eine/ein SchülerIn als Luftbeauftragter bzw. Luftbeauftragte der/dem LehrerIn Bescheid geben, sollte der Farbdisplay einen Wert über dem hygienischen Grenzwert anzeigen. Ein Messgerät mit Tonwarnsystem, gibt ein akustisches Signal von sich, sobald die CO<sub>2</sub>-Konzentration zu hoch ist, sodass ebenfalls entsprechend einfach reagiert werden kann. Zur komplexeren Überprüfung bietet sich zudem eine Cloudlösung an. Mit Hilfe eines solchen Systems, können die CO<sub>2</sub>-Werte sämtlicher Klassenräume einer Schule bzw. Aufenthaltsräume einer Kindertagesstätte überprüft werden. Diese Werte können dann von der Cloud mit Hilfe einer speziellen Software auf sämtlichen internetfähigen Endgeräten abgerufen werden. So können die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen überprüft, verglichen und ausgewertet werden. Dadurch können Ursachen und Lüftungsverhalten untersucht und die Raumluftqualität kontinuierlich verbessert werden.



## Literatur:

1. BUNDESGESUNDHEITSBL - GESUNDHEITSFORSCH - GESUNDHEITSSCHUTZ (2008) Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft - Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluft-hygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden.
2. DIPL.-ING. DR. BOOS, R/DIPL.-ING. DAMBERGER, B/DIPL.-ING. DR. HUTTER, H-P/UNIV.-PROF. DR. KUNDI, M/DR. MOSHAMMER, H/DIPL.-ING. TAPPLER, P/DIPL.-ING. TWRDIK, F/DR. WALLNER, P (2007) Bewertung der Innenraumluft - Physikalische Faktoren Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter. Aktualisierte Fassung.
3. DIN EN 13779: 2007-09 (2007) Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme.
4. MYHRVOLD, A/OLSEN, E/LAURIDSEN, O (1996) Indoor environment in schools - pupils health and performance in regard to CO<sub>2</sub> concentrations. Proc Indoor Air i96 4:369-374.
5. BUNDESGESUNDHEITSBL - GESUNDHEITSFORSCH - GESUNDHEITSSCHUTZ (2008) Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft - Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluft-hygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden.
6. LANDESGESUNDHEITSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG/DR. BERTRAM, G (2014) Hygieneleitfaden für die Kinderbetreuung (mit Musterhygieneplan).
7. DIPL.-ING. DR. BOOS, R/DIPL.-ING. DAMBERGER, B/DIPL.-ING. DR. HUTTER, H-P/UNIV.-PROF. DR. KUNDI, M/DR. MOSHAMMER, H/DIPL.-ING. TAPPLER, P/DIPL.-ING. TWRDIK, F/DR. WALLNER, P (2007) Bewertung der Innenraumluft - Physikalische Faktoren Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter. Aktualisierte Fassung.
8. NEUMANN, H-D/BUXTRUP, M (2014) Beurteilung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in Klassenräumen. Unfallkasse Nordrhein-Westfalen.
9. UNFALLKASSE HESSEN (2008) Frische Luft für frisches Denken - Neue Unterrichtsqualität in unseren Klassenräumen