

Kann die Konzentrationsfähigkeit von Schülerinnen und Schülern durch bessere Luftqualität gesteigert werden?

Wieso ist die Luftqualität in Klassenräumen ein Thema?

In den meisten Schulen in Deutschland erfolgt die Lüftung über die Fenster. Nur in wenigen Schulen wie der Ihrigen kann über eine Lüftungsanlage frische Luft in die Klassenzimmer eintreten.

Im Winter, wenn die Luft draußen kalt ist, werden die Fenster üblicherweise weniger geöffnet. In Schulen, die auf eine Fensterlüftung angewiesen sind, führt dies dazu, dass in der kalten Jahreszeit die Luftqualität häufig schlecht ist.

Kohlendioxid wird häufig als Marker für die Luftqualität genutzt. Kohlendioxid entsteht bei der Atmung und wird von den Kindern und den Lehrkräften beim Ausatmen abgegeben. Je länger sich die Klasse im Klassenraum befindet und nicht gelüftet wird, desto höher steigt die Kohlendioxidkonzentration.

Als Beispiel für die übliche Kohlendioxidkonzentration sind in Abbildung 1 Messergebnisse in bayerischen Schulklassen im Winter aufgeführt. Die Kohlendioxidkonzentration (CO_2) ist auf der Y-Achse angezeigt und die 91 untersuchten Schulklassen nach abstei-

gender Konzentration angeordnet. Gemessen wurde jeweils an einem Vormittag und der graue Punkt zeigt eine Art Mittel (den Median) der Messungen an einem Vormittag in der Klasse. Die Linien zeigen die höchsten und tiefsten gemessenen Werte in der jeweiligen Klasse. Bei vielen Klassen liegt der blaue Punkt in dem Bereich zwischen 1,000 und 2,000 ppm. Das ist nach Empfehlungen von Fachkommissionen schon etwas zu hoch. Es wird empfohlen, dass der Median der Kohlendioxidkonzentration nicht 1,000 ppm übersteigen soll.

Doch welche Konsequenzen haben diese erhöhten Kohlendioxidwerte für die Kinder, deren Wohlbefinden und deren Leistungsfähigkeit? Darüber sind sich die Fachleute bisher nicht einig. Der gesunde Menschenverstand erwartet, dass die schlechtere Luft die Kinder beeinträchtigt und die Konzentrationsfähigkeit nachlässt. Aber nur in wissenschaftlichen Studien kann belegt werden, ob durch eine Verbesserung der Luftqualität tatsächlich eine Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit erreicht werden kann. Dies war das Ziel der RaBe-Studie.

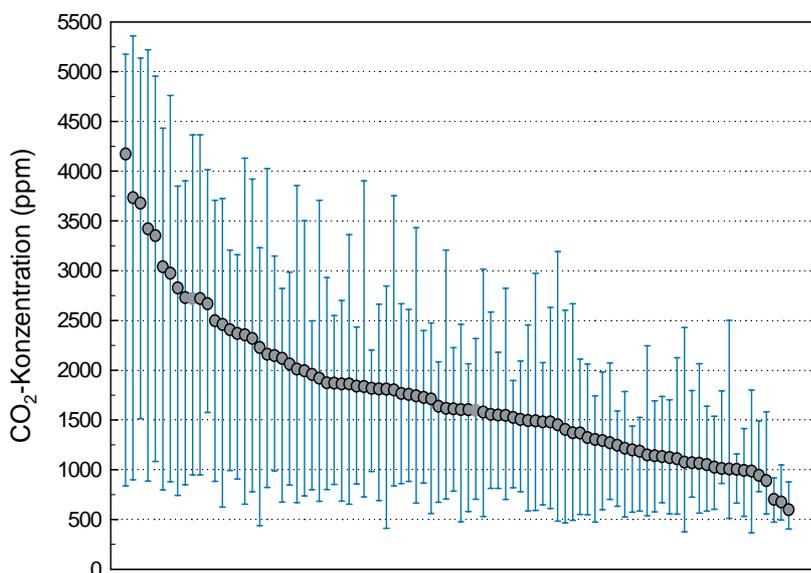


Abbildung 1: Verteilung der Kohlendioxidkonzentration in 91 Klassenräumen von Bayerischen Schulen im Winter (grauer Punkt = Median, blaue Linie = Schwankungsbereich zwischen Maximum und Minimum an einem Vormittag)

Die RaBe-Studie

Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) hat in Ihrer und fünf weiteren Schulen die RaBe-Studie durchgeführt. Kooperationspartner waren das Landeslabor Berlin-Brandenburg in Berlin, die Abteilung für Psychologie der Universität Augsburg und das Institut für Arbeits-, Sozial-, Umweltmedizin und Hygiene, des Universitätsklinikum Jena. Wir möchten uns nochmals herzlich bei Ihnen für Ihre Teilnahmebereitschaft bedanken.

Die RaBe-Studie wurde an Ihrer Schule durchgeführt, weil bei Ihnen die Lüftung über eine Raumluftheizungsanlage erfolgt. Dadurch hatten wir die Möglichkeit, an verschiedenen Tagen die Lüftung unterschiedlich stark einzustellen und somit etwas bessere

oder auch etwas schlechtere Luft einzustellen. Parallel konnten wir die Schülerinnen und Schüler zu ihrem Wohlbefinden befragen und die Konzentrationsfähigkeit mit einem speziellen Test, dem d2-Test, prüfen.



Die Luftqualität in den Klassenräumen

Insgesamt nahmen aus den sechs Schulen 20 Schulklassen teil. In allen Klassenräumen haben wir an den ersten beiden Studientagen die Ist-Situation erfasst. Das heißt, es wurde gemessen, wie die übliche Luftqualität in dem Klassenraum ist. Hierfür haben wir in den Klassenräumen spezielle Messgeräte in der Raummitte in etwa in Kopfhöhe angebracht.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Abbildung 2 gezeigt. Es ist zu sehen, dass im Vergleich zu Abbildung 1 hohe Messwerte seltener vorkommen. Dies liegt daran, dass wir in RaBe nur Schulen mit Raumluftheizungsanlage untersucht haben. Dort wird im Allgemeinen eine verbesserte Luftqualität erwartet. Aber auch in diesen Klassenräumen werden nicht immer die empfohlenen Werte von im Median unter 1.000 ppm erreicht oder überschritten.

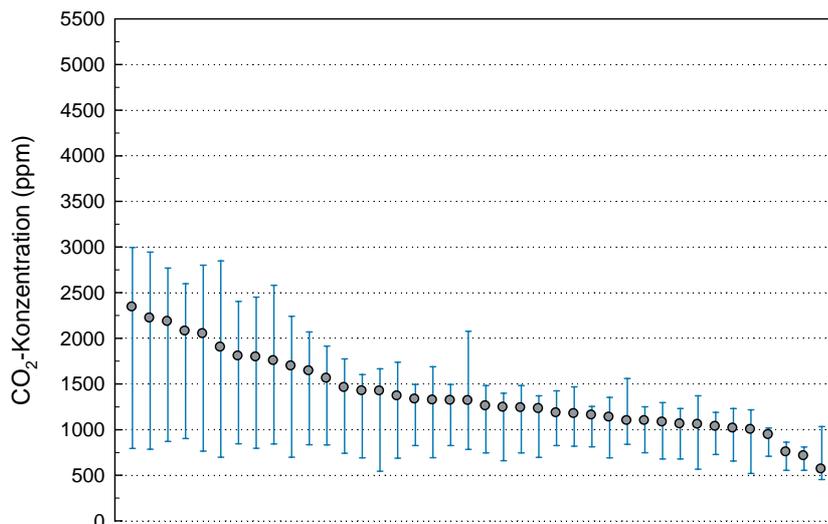


Abbildung 2: Verteilung der Kohlendioxidkonzentration in den 20 Klassenräumen der RaBe-Studie an jeweils 2 unterschiedlichen Tagen bei üblicher Belüftung (grauer Punkt = Median an einem Vormittag, blaue Linie = Schwankungsbereich zwischen Maximum und Minimum)

Nach den beiden Studientagen mit der üblichen Lüftung haben wir in der RaBe-Studie an insgesamt 4 Schultagen die Raumluftqualität über die Raumlufttechnische Anlage beeinflusst. An zwei der Tage sollte der mediane Kohlendioxidwert in dem Bereich liegen, der empfohlen wird, also unterhalb von 1.000 ppm. Die Luftqualität an diesen Tagen nennen wir im Folgenden „bessere Luft“. An den anderen beiden Tagen sollte der mediane Kohlendioxidwert in etwa so hoch liegen, wie es im ungünstigen Fall in Schulen vorkommt, nämlich im Median zwischen 2.000 ppm und 2.500 ppm. Die Luftqualität an diesen Tagen nennen wir im Folgenden „schlechtere Luft“.

Diese Werte wurden in der Studie zwar nicht immer exakt erreicht. Im Mittel lag der media-

ne Kohlendioxidwert an den Studientagen mit „schlechterer Luft“ jedoch um ungefähr 1.000 ppm höher als an den Tagen mit „bessere Luft“ (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kohlendioxidkonzentration in den Klassenräumen der RaBe-Studie in ppm

	Mittelwert der medianen Tageswerte	Standardabweichung
Ist-Zustand	1.372	424
Bessere Luft	1.045	246
Schlechtere Luft	2.115	397

Die Konzentrationsfähigkeit in der RaBe-Studie

Wie wurde die Konzentrationsfähigkeit in der RaBe-Studie erfasst?

In der RaBe-Studie wurde die Konzentrationsfähigkeit mit dem sogenannten d2-Test erfasst. Dieser Test umfasst insgesamt 14 Zeilen. In jeder Zeile sind 49 Zeichen angegeben. Bei den Zeichen handelt es sich um die Buchstaben d und p, die jeweils oben und unten mit 0, 1 oder 2 Strichen markiert sein können. Handelt es sich bei dem Zeichen um ein d mit 2 Strichen insgesamt, so handelt es sich um einen Treffer. Dieses Zeichen soll von dem Kind durchgestrichen werden.

Für die Bearbeitung jeder Zeile hat das Kind 20 Sekunden Zeit. Dies ist recht wenig, so dass es kaum möglich ist, die Zeilen vollständig zu bearbeiten. Bei dem Test kommt es nun an, möglichst schnell zu arbeiten, um möglichst viele der Zeichen bearbeiten zu können. Gleichzeitig sollen aber auch möglichst wenig Fehler gemacht werden.

Der Test wurde für die Studie ausgewählt, weil er bereits in vielen anderen Studien eingesetzt wurde und genau bekannt ist, wie die Ergebnisse zu bewerten sind. Außerdem ist kein Wissen für die Beantwortung notwendig. Der Test eignet sich somit besonders gut, um eine reine Konzentrationsleistung messen zu können.

Die Testergebnisse werden zu einem sogenannten „Konzentrationsleistungswert“, abgekürzt KL, zusammengefasst. Dieser ergibt sich aus der Anzahl an korrekt bearbeiteten Zeichen unter Abzug der Fehler. Je höher der Wert, desto so besser die Konzentrationsleistung.

Zusätzlich kann mit der Gesamtzahl (abgekürzt GZ) die Bearbeitungsgeschwindigkeit

und mit der Fehlerzahl (FR) die Bearbeitungsgenauigkeit bestimmt werden.

Wie hoch lag die Konzentrationsfähigkeit in der RaBe-Studie?

In den 21 Schulklassen haben insgesamt 417 Kinder an der RaBe-Studie teilgenommen. Jedes Kind sollte an den sechs Studientagen neu getestet werden. Natürlich waren nicht immer alle Kinder an allen Tagen da. Insgesamt haben wir 2.366 auswertbare d2-Tests zurück bekommen.

Der Konzentrationsleistungswert KL steigt an, je häufiger der Test bereits ausgefüllt wurde: An dem ersten Studientag lag der KL im Median bei 103 Punkten, an dem letzten im Median bei 163 Punkten. Es ist also ein gewisser Lerneffekt zu beobachten. Das gleiche gilt für die Gesamtzahl an bearbeiteten Zeichen GZ. Die Gesamtfehlerzahl FR bleibt jedoch auch bei häufigerer Testung relativ konstant.

Tabelle 2: Ergebnisse der d2-Testung in der RaBe-Studie

	Studientag					
	1	2	3	4	5	6
KL	103	131	145	152	158	163
GZ	269	325	360	381	399	411
FR	8	4	5	5	5	5

War die Konzentrationsfähigkeit an Tagen mit besserer Luftqualität höher als an Tagen mit schlechterer Luftqualität?

In der RaBe-Studie lagen keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in dem Konzentrationsleistungswert KL in Abhängigkeit von der Luftqualität vor: Der Konzentrationsleistungswert war bei „schlechterer Luft“ um 1,11 Punkte im Vergleich zu „besserer Luft“ erniedrigt. Dieser Unterschied war aber im Verhältnis zu den an sich hohen Punktwerten klein und nicht statistisch bedeutsam.

Bei der Gesamtzahl ergaben sich ähnliche Resultate: Wie erwartet war bei „schlechterer Luft“ die Gesamtzahl niedriger als bei „besserer Luft“, aber auch dieser Unterschied war nicht statistisch bedeutsam.

Lediglich bei dem Fehlerrohwert (Indikator für Genauigkeit) ergab sich ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang: An Tagen mit „schlechterer Luft“ lag der Fehlerrohwert im Mittel um 1,65 Punkte höher als an Tagen mit „besserer Luft“.

Was bedeuten die Ergebnisse?

In RaBe konnten wir nicht belegen, dass die Konzentrationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler ansteigt, wenn die Luftqualität in etwa in dem Bereich der Empfehlungen liegt im Vergleich zu einer ungünstigeren Luftqualität. Dieses Ergebnis überrascht. Wir haben dafür folgende mögliche Erklärungen:

- Die Unterschiede in der Kohlendioxidkonzentrationen war zu gering, um einen Einfluss auf die Konzentrationsfähigkeit zu entfalten. Erst wenn die Kohlendioxidkonzentrationen noch höher liegen kommt es zu einer Abnahme der Konzentrationsfähigkeit.
- Die Kinder waren sehr motiviert und haben den Test sehr gerne gemacht.

Der Test war in wenigen Minuten durchgeführt. Möglicherweise können Kinder auch bei ungünstigerer Luftqualität zumindest für kurze Zeit Reserven mobilisieren und eine hohe Konzentration erreichen. Es ist nicht auszuschließen, dass bei einer längeren Dauer des Tests die Konzentration bei schlechter Luftqualität stärker nachlässt als bei guter. Die Wirkung der schlechten Luftqualität zeigt sich somit möglicherweise erst nach längerer Zeit.

- Die Kinder konnten auch bei schlechterer Luftqualität eine hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit aufrecht erhalten. Sie machten aber mehr Fehler. Möglicherweise wird nur die Genauigkeit der Bearbeitung durch die Luftqualität beeinflusst.

Wir konnten somit nicht klar belegen, dass die gute Luftqualität, die in Ihren Schulen durch die Raumluftechnische Anlage erzielt werden kann, tatsächlich einen Gewinn hinsichtlich der Konzentrationsfähigkeit der Schülerinnen und Schülern darstellt. Trotzdem gehen wir davon aus, dass der Indikator CO₂ einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Klassenraumlüftung leisten kann. Vor diesem Hintergrund teilen wir die Auffassung der ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte, dass nur eine CO₂-Konzentration von unter 1000 ppm für Klassenräume unbedenkliche Raumlufqualität beschreibt. Konzentrationen von über 2000 ppm sind hingegen als hygienisch inakzeptabel einzuschätzen und erfordern die Prüfung weiterer Maßnahmen zur Verbesserung der Raumlufqualität.

Die Ergebnisse der Studie wurden in einer Fachzeitschrift veröffentlicht:

Twardella D, Matzen W, Lahrz T, Burghardt R, Spiegel H, Hendrowarsito L, Frenzel AC, Fromme H. Effect of classroom air quality on students' concentration: Results of a cluster randomized crossover experimental study. *Indoor Air* 2012 Feb 24. doi: 10.1111/j.1600-0668.2012.00774.x. [Epub ahead of print]

Stellungnahme der ad-hoc Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte:

Lahrz, T., Bischof, W. and Sagunski, H. (2008) Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes

und der Obersten Landesgesundheitsbehörden, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz, 51, 1358–1369.

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Eggenreuther Weg 43
91058 Erlangen

Ansprechpartnerin:
Frau Dr. Dorothee Twardella
Tel.: 09131/6808-4249
Dorothee.Twardella@lgl.bayern.de

München, Juli 2012