Raumluft-Messkampagne in Schulen

Erkenntnisse aus praxisorientierten Messungen von Lehrerpersonen und SchülerInnen

MeineRaumluft.ch

Unabhängige Plattform für gesunde Luft in Innenräumen
info@meineraumluft.ch, www.meineraumluft.ch

Inhaltsverzeichnis

Einleitung . . . . . Seite 3

Ablauf und Methodik . . . . . Seite 6

Auswertung und Methodik . . . . . Seite 9

Ergebnisse . . . . . Seite 12

Diskussion . . . . . Seite 18

Zusammenfassung . . . . . Seite 20

Literatur . . . . . Seite 21

Ein spezieller Dank geht an den Dachverband Lehrerinnen und Lehrer Schweiz LCH, LUNGE ZÜRICH und die Hochschule Luzern.

– Der LCH unterstützt die Schulmesskampagne über die Zeitschrift «BILDUNG Schweiz».
– LUNGE ZÜRICH sendet die Messgeräte zu den Schulen und verwaltet diese.
– Die Hochschule Luzern macht die Auswertungen, in Zusammenarbeit mit dem Fachbeirat.

Auswertung und Zusammenfassung der Raumluft-Messkampagne in Schulen von 2016-2019

Initiiert von der Plattform MeineRaumluft.ch zusammen mit den Partnern LUNGE ZÜRICH und dem LCH DACHVERBAND LEHRERINNEN UND LEHRER SCHWEIZ

Verfasser	Harry Tischhauser	MeineRaumluft.ch
Mitarbeit von	Benoit Sicre	Hochschule Luzern
	Diego Sigrist	Hochschule Luzern
	Silvia Vilčeková	Techn. Universität Košice
	Ludmila Mečiarová	Techn. Universität Košice
Fachbeirat	Roger Waeber	Bundesamt für Gesundheit BAG
	Werner Adler	Condair Group AG
	Michael Schlunegger	LUNGE ZÜRICH

Einleitung

Die Schüler* von über 600 Schweizer Schulklassen haben in den Jahren 2016 bis 2019 jeweils über eine Woche lang in ihren Klassenräumen die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte sowie die CO_2-Konzentration gemessen und in ein Raumluftprotokoll eingetragen. Die Messungen erfolgten über das ganze Jahr hindurch. Ein Hauptziel dieser Messkampagne war die Schärfung des Bewusstseins für eine gute Raumluftqualität und ein überlegtes Lüftungsverhalten.

Die Hochschule Luzern brachte die über 12'000 Messdaten in eine übersichtliche Form, welche jedoch aufgrund der pragmatischen Messmethode keine wissenschaftliche Auswertung ist. Die Eintragungen ins Messprotokoll wurden von den Schülern gemacht. Gemäss Aussagen von einigen Lehrpersonen wurden jedoch oft beim Überschreiten des CO_2-Pegels über 1000 ppm bereits die Fenster geöffnet. Solche Messpunkte, die erst am Ende einer Lektion notiert wurden, suggerieren natürlich wesentlich bessere CO_2-Werte, als nach einer ganzen Lektion ohne Lüftung zu erwarten wäre.

**Aus Leserlichkeitsgründen wird immer die männliche Form verwendet, bezieht sich jedoch auf beide Geschlechter.*

Wichtig zu wissen

Die Raumluftmesskampagne läuft aufgrund der grossen Nachfrage weiter. Dazu können die Messgeräte kostenfrei zur Nutzung für eine Woche auf www.meineraumluft.ch bestellt werden.

Motivation und Hintergrund

Der moderne Mensch in der industrialisierten Welt verbringt ca. 90 % seiner Lebenszeit in geschlossenen Innenräumen. Schüler und Lehrpersonen sind den Grossteil des Tages in der Schule. Optimale Raumluftbedingungen sind dabei eine Grundvoraussetzung, um Lernvermögen, Leistungsfähigkeit und letztendlich das Wohlbefinden der Schüler, aber auch Lehrpersonen, aufrecht zu erhalten.

Um unser Ziel „gesunde Luft in Schulen" zu erreichen, haben wir eine praxis-orientierte Messkampagne mit Unterstützung der Plattformpartner lanciert. Die Plattform MeineRaumluft.ch hat sich zum Ziel gesetzt, Lösungen für gesunde Raumluft zu unterstützen und zu fördern.

Herausforderung

Das neue Energiegesetz definiert einen maximalen Heizwärmebedarf. Dieser kann nur erreicht werden durch eine gute Wärmedämmung und eine erhöhte Luftdichtigkeit der Gebäudehülle. Die logische Konsequenz daraus ist, dass solche Gebäude über ein funktionierendes Lüftungskonzept verfügen sollten. Ein solches Konzept beinhaltet folglich minimal die Berücksichtigung von Luftwechselraten, CO_2-Werten, Temperatur und relativer Feuchte – in Abhängigkeit der vier Jahreszeiten.

Erkenntnisse

Die Relevanz einer adäquaten Lüftung wird bei Sanierungen oder Neubauten von Schulhäusern, aber auch bei anderen Zweck- oder Wohngebäuden, leider meist zu wenig beachtet, sei dies aus Kostengründen, aufgrund von Vorurteilen oder aus Bequemlichkeit. Hier müssen Architekten und Gebäudetechnikplaner den Baubeauftragten die Möglichkeiten der verschiedenen Lüftungskonzepte mit allen Vor- und Nachteilen inkl. Betrachtung der 4-Jahreszeiten aufzeigen, damit diese auch verstanden werden.

Im Rahmen unserer Schulmesskampagne haben wir leider viele sanierte Schulhäuser und auch Neubauten angetroffen, in welchen wohl aus Kostengründen der Lüftungsthematik wenig Aufmerksamkeit gegeben wurde. Darunter leiden schlussendlich Lehrpersonen und Schüler über Jahre hinweg.

Ziel und Nutzen unserer Raumluftmesskampagne in Schulen

Mit dem Aufzeigen der aktuellen Daten von CO_2, Temperatur und Feuchte sollen Lehrpersonen und Schüler auf die aktuelle Raumluftqualität hingewiesen und diesbezüglich sensibilisiert werden. Für bessere Luft zum Lernen!

Mit dem jährlich wiederkehrenden Wettbewerb «LUFTSPRUNG» soll eine Sensibilisierung bezüglich des Themas Raumluftqualität erreicht werden. Da die Jugendlichen als Teil des Wettbewerbes auch zu Hause das Lüftungsverhalten im sogenannten „Luftsprung-Pass" dokumentieren, werden die Eltern automatisch mit involviert und befassen sich mit dem Thema.

Das Bundesamt für Gesundheit BAG hat sich unter dem Motto „Frische Luft für wache Köpfe" der Problematik Lüftung in Schulen angenommen (www.schulen-lueften.ch). Für Lehrpersonen und Schüler stellt es die Broschüre «Das Schulzimmer richtig lüften», sowie das Tool «SIMARIA» zur Verfügung. Mit diesem Tool kann durch Eingabe der wichtigsten Parameter der Verlauf der Raumluftqualität über einen Schultag hinweg grob simuliert werden (unter www.simaria.ch).

Das Thema Raumluftqualität soll bei Neubauten und Sanierungen die notwendige Aufmerksamkeit erhalten. Nur mit einem angemessenen Budget kann ein vernünftiges Raumluftkonzept unter Berücksichtigung der vier Jahreszeiten realisiert werden.

Dabei gibt die BAG-Broschüre «Lüftungsplanung bei Schulhausneubauten und -sanierungen» wichtige Inputs mit Informationen und Empfehlungen für Bauherren.

Die Broschüren können über www.bundespublikationen.admin.ch gratis bestellt werden.

Ablauf und Methodik

Lehrpersonen aller Schulstufen können ein MeineRaumluft-Messpaket kostenfrei ausleihen und gemeinsam mit Ihren Schülern die Luftqualität im Klassenraum über eine Woche lang messen und dokumentieren. Diese Aktion läuft noch auf unbestimmte Zeit weiter.

Das MeineRaumluft-Messpaket beinhaltet:

- Raumluft-Messgerät für CO_2, Temperatur und relative Feuchte (Leihgabe von MeineRaumluft.ch)
- Raumluft-Protokolle mit Anleitung
- MeineRaumluft-Poster
- Schul-Wettbewerb „LUFTSPRUNG“ (jedes Jahr eine neue Ausgabe)
- Empfehlungen des Bundesamtes für Gesundheit, BAG («Das Schulzimmer richtig lüften»)

Die Messaufgabe im Raumluft-Messprotokoll wurde wie folgt übermittelt:

- Das Gerät misst: Luftfeuchtigkeit, Temperatur, CO_2-Gehalt.
- Um den tatsächlichen Raumluftzustand abzubilden, empfehlen wir bezüglich Raumluft die sonst üblichen Gepflogenheiten (z.B. bezüglich Lüftung, Heizung etc.) während der Messwoche beizubehalten.
- Am Ende jeder Lektion die Werte Luftfeuchtigkeit, Temperatur und CO_2-Gehalt über eine Woche lang ablesen und ins mitgelieferte Raumluftprotokoll eintragen.

Die prämierten Klassen des LUFTSPRUNGWETTBEWERBES DER JAHRE 2017, 2018, 2019 bei der Preisübergabe, mit dem dazugehörenden "LUFTSPRUNG"

(Aufgrund des Datenschutzes ohne weitere Angaben von Örtlichkeiten, Schulen und Klassennahmen.)

Ergebnisse unserer Raumluftmesskampagne in Schulen

Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie eine Auswertung der praxis-orientierten Messprotokolle, welche die Schüler und Lehrpersonen ausgefüllt haben, sowie die Schlussfolgerungen, die sich daraus ziehen lassen.
Bei den Messungen wurden darüber hinaus Raumluft-relevante Fehler bei der Sanierung bzw. dem Bau von Schulhäusern erkannt:

- Das Lüftungskonzept wurde nicht oder nur sehr oberflächlich andiskutiert, und ohne daran zu denken, dass wir 4 Jahreszeiten haben und die Fenster aufgrund von Pollenflug, Hitze, Kälte oder Lärm nicht oder nur teilweise geöffnet werden können.

- Bei Neubauten wurden grosszügige Fensterfronten gebaut, was im Sommer die Klassenräume aufheizen liess. Beschattungen fehlten oder wenn vorhanden, haben sich diese aus verschiedenen Gründen nicht bewährt. Teilweise wurden zwar Lüftungsanlagen eingebaut, jedoch ohne Kühlfunktion. Oft konnten auch die Fenster nicht geöffnet werden. Dies alles führte im Sommer zu sehr heissen Klassenräumen, was eine Weiterführung der Lektionen teilweise sehr erschwerte oder sogar verunmöglichte.

- In der Heizperiode wurde die Raumluft oft ausgetrocknet. Die relative Luftfeuchtigkeit lag zum Teil deutlich unter 30 %. Dies kann zu einer Austrocknung der Atemwege führen und fördert die Ansteckungsgefahr von Krankheiten.

Nachfolgend die Auswertung der praxis-orientierten Messprotokolle, welche die Schüler und Lehrpersonen ausgefüllt haben.

Auswertung und Methodik

Die Messungen in den Klassenräumen erfolgten zwischen November 2016 und Februar 2019, sowohl während wie auch ausserhalb der Heizperiode (d.h. ganzjährlich). Dabei wurden jeweils über die Zeitdauer von einer Woche die folgenden Messvariablen punktuell gemessen und festgehalten: Die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte und die CO_2-Konzentration. Zur Anzahl bzw. zum Zeitpunkt der Messungen gab es keine Vorgaben, allerdings wurde empfohlen, die Messungen jeweils am Ende jeder Unterrichtsstunde vorzunehmen. Die Protokolle mit den gemessenen Werten wurden anschliessend von Studenten der Partnerhochschulen ausgewertet.

An der Studie haben sich insgesamt 370 Schulen aus der deutschsprachigen Schweiz beteiligt, wobei in 569 Klassenräumen Messungen erfolgten. Die Belegung lag gemäss dem stündlichen Messprotokoll der Schüler zwischen 4 und 29 Personen pro Raum, ohne markante Unterschiede zwischen Räumen mit und solchen ohne mechanische Lüftung (siehe Abbildung 1).

Personenbelegung

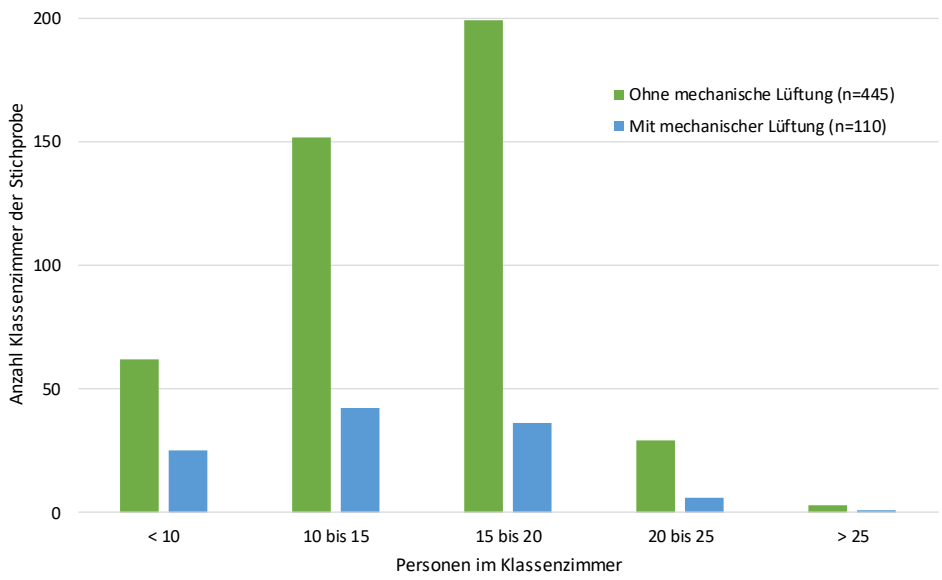

Abbildung 1: Personenbelegung, unterschieden zwischen Klassenräumen mit und ohne Lüftungsanlage. n ist die Anzahl der Messung der Teilmenge in der Stichprobe.

Die Beteiligung an der Messkampagne erfolgte freiwillig[1]. Oft haben an der Thematik interessierte Lehrer ihre Klasse für die Messkampagne angemeldet und das Mess-Equipment bestellt. Die Plattform «MeineRaumluft.ch» stellte die Messgeräte (Messprinzip nichtdispersive Infrarot-Messung) jeweils für eine Woche zur Verfügung. Die Schüler lasen dann regelmässig die Anzeige ab und notierten die drei Messwerte handschriftlich in einem Protokoll. Durch das selbstständige Messen und Protokollieren konnten die Schüler die Abhängigkeit der Messwerte von der Raumbelegung und ihrem Lüftungsverhalten selbst beobachten.

Für die Auswertung wurde die Stichprobe, sprich die Messwerte aus den Klassenräumen, in die zwei Kategorien *Klassenräume ohne mechanische Lüftung* und *Klassenräume mit mechanischer Lüftung* aufgeteilt (siehe Abbildung 2). Die Messprotokolle ohne Angabe zum Lüftungskonzept wurden bei der Auswertung nicht weiter berücksichtigt. Mit 8'870 Messpunkten in Klassenräumen ohne mechanische Lüftung und nur 2'250 Messpunkten in Klassenzimmern mit mechanischer Lüftung umfasst die Stichprobe grösstenteils Messpunkte aus Klassenräume ohne mechanische Lüftung bzw. mit natürlicher/Fenster- Lüftung (siehe Tabelle 1).

Lüftungskonzepte im Projekt

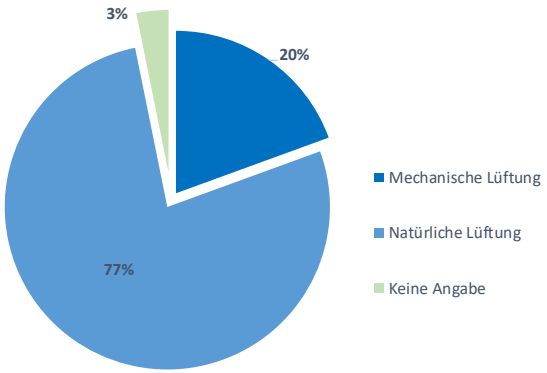

Abbildung 2: Zusammensetzung der Stichprobe aus der Optik des Lüftungskonzeptes (insgesamt 569 Klassenräume, darunter 14 ohne Angabe zum Lüftungskonzept).

[1] *Somit ist die untersuchte Stichprobe für den schweizerischen Schulgebäudepark nicht repräsentativ. Durch die hohe Anzahl an Gebäuden kann das Projekt aber einen Trend aufzeigen.*

Tabelle 1: Übersicht der Klassenräume in der untersuchten Stichprobe unterschieden nach Lüftungskonzept (Klassenräume ohne Angabe zum Lüftungskonzept wurden nicht berücksichtigt).

	Ohne mechanische Lüftung	Mit mechanischer Lüftung	Gesamt
Anzahl Klassenräume	445	110	555[2]
Anzahl Klassenräume mit Messungen an Heiztagen	297	45	342
Anzahl Messpunkte	8'870	2'250	11'120
Anzahl Messpunkte mit Messungen an Heiztagen	6'165	975	7'140

Heiztage sind in diesem Projekt als diejenigen Tage definiert, an denen das Tagesmittel der Aussentemperatur unter der Heizgrenze von 12 °C liegt (siehe SIA 381/3). Am Standort Kloten (in Zürich) trifft dies beispielsweise auf ca. 190 Tage pro Jahr zu. In der vorliegenden Auswertung wurden ausschliesslich die Heiztage berücksichtigt, da hier die Problematik der Raumluftqualität relevanter ist. So werden im Winter die Fenster während des Unterrichtes eher geschlossen gehalten um Komforteinbussen durch kalte Luftströmungen zu vermeiden. Insgesamt wurden 62 % der Messungen an Heiztagen aufgenommen (siehe Abbildung 3).

Zeitpunkt der Messung

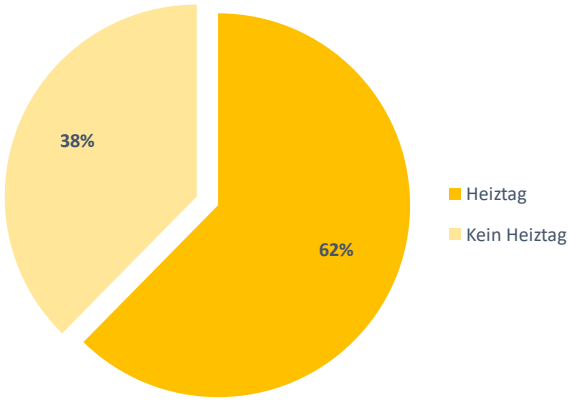

Abbildung 3: Zeitpunkt der Messung. Es wird zwischen den Heiz- und Nicht-Heiztagen unterscheidet.

[2] *Zusätzlich noch 14 Klassenräume ohne Angabe zum Lüftungskonzept, die in der Studie nicht weiter untersucht wurden.*

Ergebnisse

Die hier beschriebenen Ergebnisse beziehen sich auf die in den Messprotokollen gemeldeten punktuellen Messungen. Der Einfachheit halber wird der Mittelwert aller Punktmessungen in einem Klassenraum während der Messwoche als Wochendurchschnitt bezeichnet. Es handelt sich nicht um den Mittelwert von kontinuierlichen Messwerten während der Schulzeit.

Klassenräume mit mechanischer Lüftung

Die an Heiztagen gemessenen Raumtemperaturen in Klassenräumen mit mechanischer Lüftung lagen zwischen 17 °C und 30 °C, wobei die Wochendurchschnitte zwischen 19 °C und 25 °C lagen (siehe Abbildung 4).

Klassenräume mit mechanischer Lüftung - Temperatur an Heiztagen

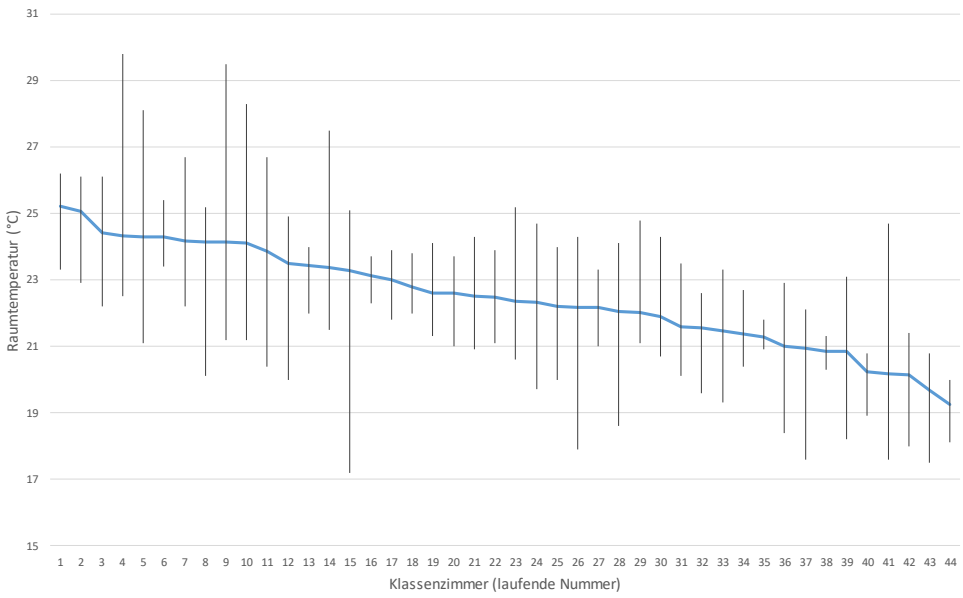

Abbildung 4: Verteilung der punktuell gemessenen Raumtemperatur an Heiztagen in Klassenräumen mit mechanischer Lüftung(n=45). Temperatur-Ausreisser können durch z.B. das Aufstellen des Messgerätes direkt in der Sonne entstanden sein.

Die Wochendurchschnitte der relativen Luftfeuchte lagen an Heiztagen zwischen 15 % und 50 %, wobei 40 % der Wochendurchschnitte unter 30 % lagen (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6).

Die Wochendurchschnitte der gemessenen CO_2-Konzentrationen waren an Heiztagen in 60 % der Klassenräume unter 1'000 ppm (gute Raumluftqualität), in 30 % der Klassenräume im Bereich von 1'000-1'400 ppm (mittlere Raumluftqualität) und in 10 % der Klassenräume über 1'400 ppm (geringe Raumluftqualität) (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8). Sehr hohe CO_2-Konzentrationen wurden allerdings kaum gemessen: Bei nur 27 Messpunkten (1 %) lag die CO_2-Konzentration über 2'000 ppm, wobei die maximal gemessene Konzentration bei 3'400 ppm lag.

Relative Feuchte der Luft an Heiztagen

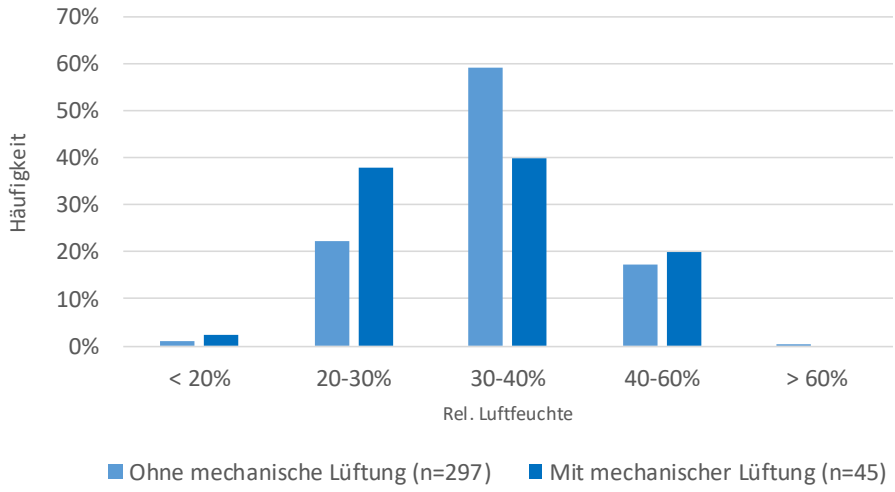

Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der relativen Luftfeuchte an Heiztagen (Wochendurchschnitt, = Mittelwert aller Punktmessungen in einem Klassenraum während der Messwoche), differenziert nach Lüftungskonzept.

Klassenräume mit mechanischer Lüftung – Feuchte an Heiztagen

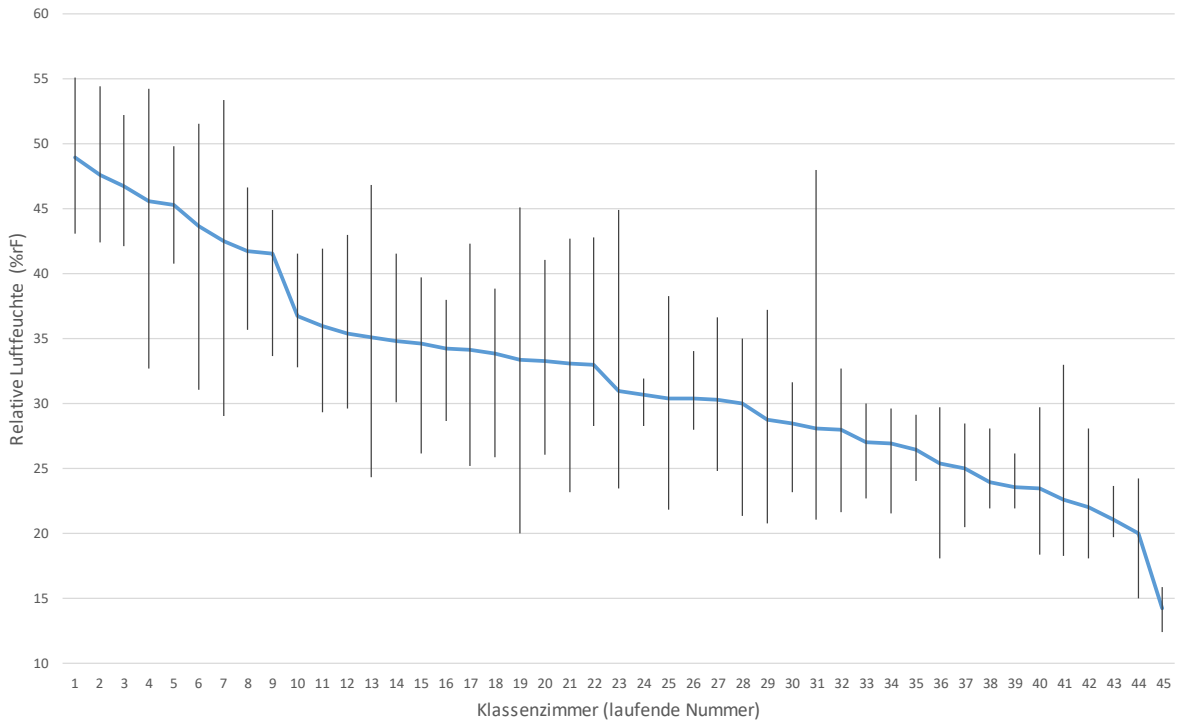

Abbildung 6: Verteilung der punktuell gemessenen relativen Feuchte an Heiztagen in Klassenräumen mit mechanischer Lüftung (n=45).

CO_2-Gehalt der Luft an Heiztagen

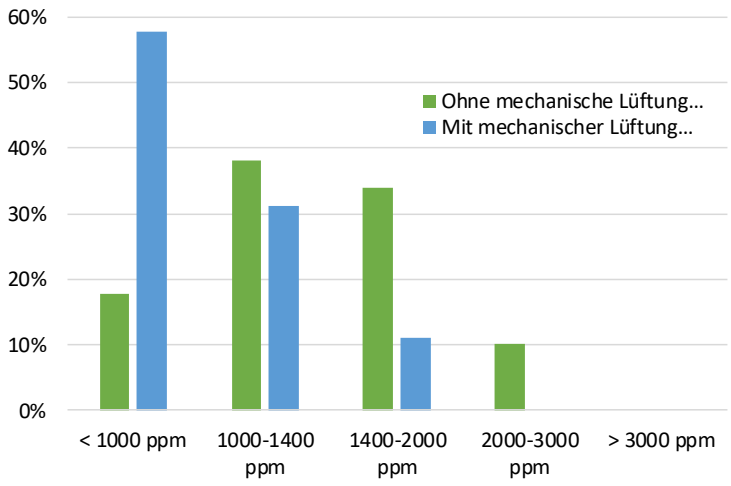

Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der CO_2-Konzentration (Wochendurchschnitt, = Mittelwert aller Punktmessungen in einem Klassenraum während der Messwoche) an Heiztagen, differenziert nach Lüftungskonzept.

Klassenräume mit mechanischer Lüftung – CO_2 an Heiztagen

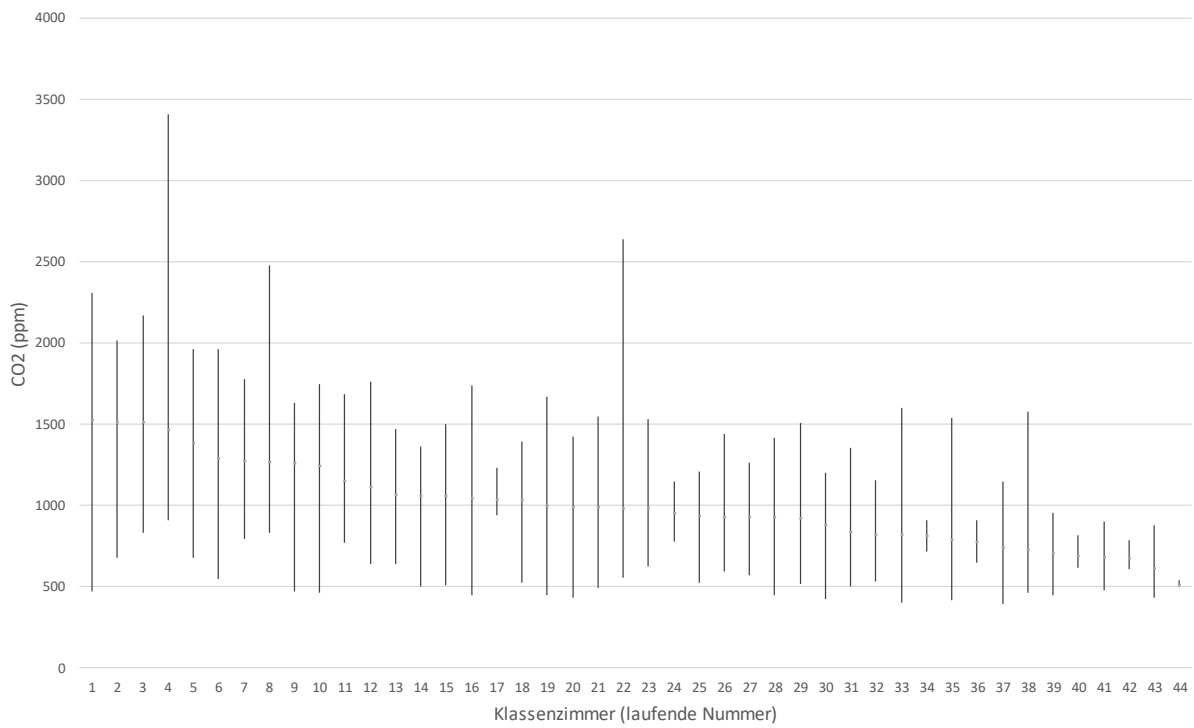

Abbildung 8: Verteilung der punktuell gemessenen CO_2-Messwerte an Heiztagen für Klassenräume mit mechanischer Lüftung (n=45). Angegeben sind die min., max. und Wochendurchschnitte (= Mittelwerte aller Punktmessungen in einem Klassenraum während der Messwoche), absteigend sortiert nach Wochendurchschnitt.

Klassenräume ohne mechanische Lüftung

Die an Heiztagen gemessenen Raumtemperaturen in Klassenräumen ohne mechanische Lüftung lagen zwischen 16 °C und 31 °C, wobei die Wochendurchschnitte, ohne Berücksichtigung der Ausreisser, zwischen 19 °C und 25 °C lagen (siehe Abbildung 9). Im Gegensatz zu den Klassenräumen mit mechanischer Lüftung verteilten sich die Wochendurchschnitte zudem gleichmässiger zwischen 19 °C und 24 °C, mit einer Mehrheit im Bereich 21-22 °C, wie vom SIA Merkblatt 2024 empfohlen (siehe Abbildung 10).

Die gleichmässigere Verteilung, welche einer Normalverteilung gleicht, könnte jedoch auch auf die deutlich höhere Anzahl an Messpunkten zurückzuführen sein (statistischer Effekt).

Klassenräume ohne mechanische Lüftung – Raumtemperatur an Heiztagen

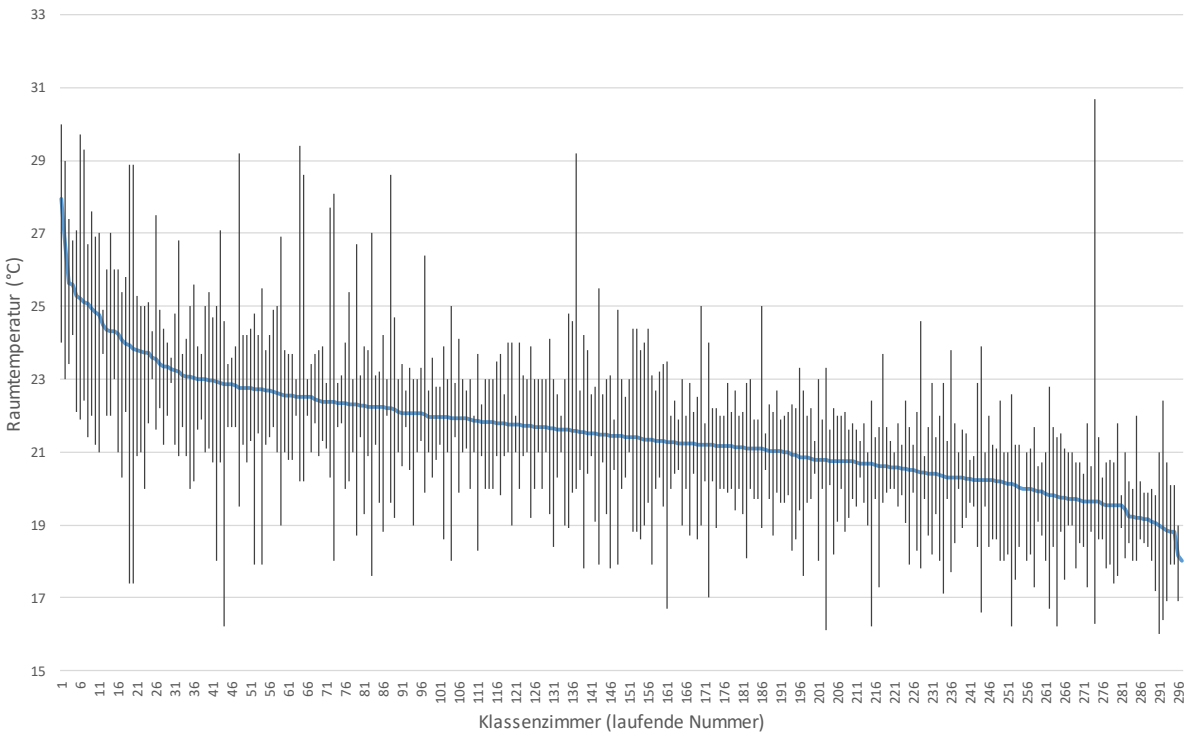

Abbildung 9: Verteilung der punktuell gemessenen Raumtemperatur an Heiztagen in Klassenräumen ohne mechanische Lüftung (n=297). Angegeben sind die min., max. und Wochendurchschnitte (= Mittelwerte aller Punktmessungen in einem Klassenraum während der Messwoche), absteigend sortiert nach Wochendurchschnitt. Temperatur-Ausreisser können durch das Aufstellen des Messgerätes direkt in der Sonne oder über einer Heizfläche entstanden sein.

Raumtemperatur an Heiztagen

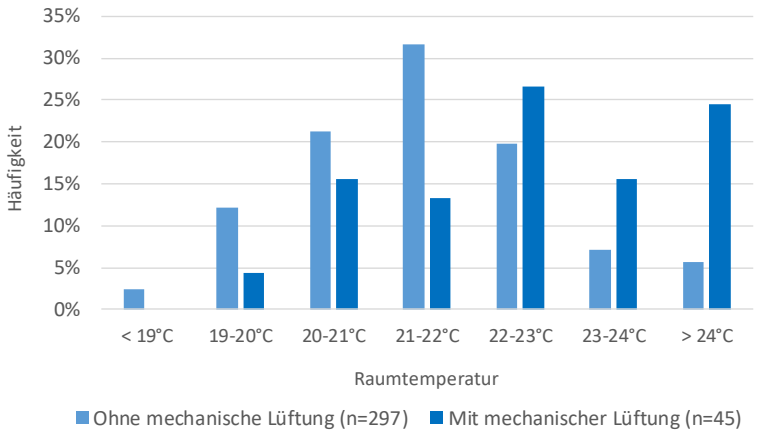

Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Temperatur an Heiztagen (Wochendurchschnitt = Mittelwert aller Punktmessungen in einem Klassenraum während der Messwoche), differenziert nach Lüftungskonzept.

Die Durchschnittswerte der relativen Luftfeuchte lagen an Heiztagen zwischen 20 % und 60 % (ohne Berücksichtigung der Ausreisser), wobei ca. 23 % der Durchschnitte unter 30 % lagen (siehe Abbildung 5). Die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 11 zeigt, dass die Mehrheit der Durchschnitte bei 30-40 % relative Luftfeuchte lag.

Die Wochendurchschnitte der gemessenen CO_2-Konzentrationen waren an Heiztagen in 56 % der Klassenräumen unter 1'400 ppm (gute/mittlere Raumluftqualität), in 34 % der Klassenräumen im Bereich von 1'400-2'000 ppm (geringe Raumluftqualität) und in 10 % der Klassenräume über 2'000 ppm (hygienisch nicht akzeptable Raumluftqualität) (siehe Abbildung 7 und Abbildung 12). Die maximal gemessene CO_2- Konzentration lag bei 3'900 ppm.

Klassenräume ohne mechanische Lüftung – Feuchte an Heiztagen

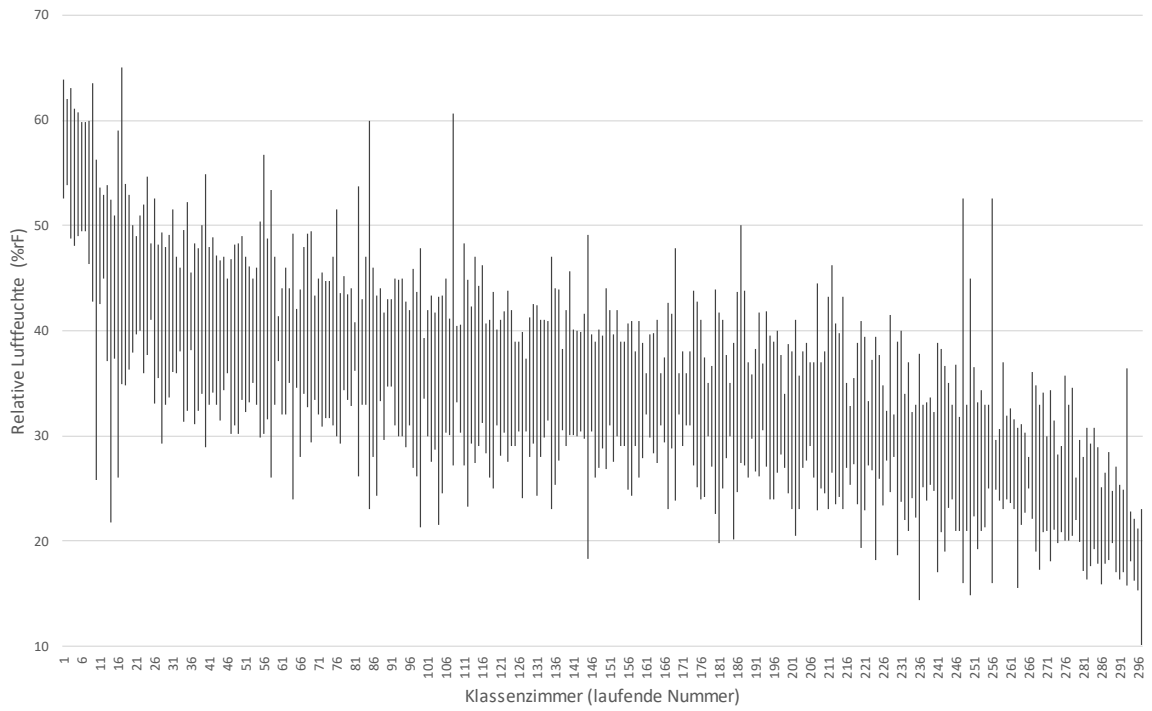

Abbildung 11: Verteilung der punktuell gemessenen relativen Feuchte an Heiztagen in Klassenräumen ohne mechanische Lüftung (n=297).

Klassenräume ohne mechanische Lüftung – CO_2 an Heiztagen

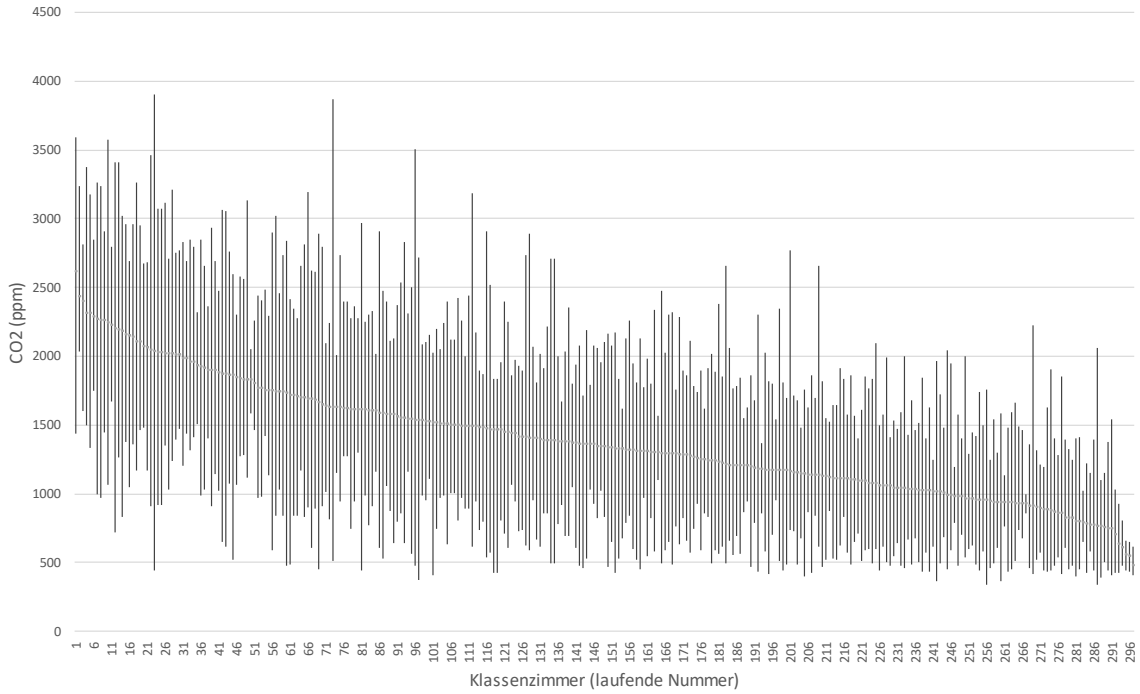

Abbildung 12: Verteilung der punktuell gemessenen CO_2-Messwerte an Heiztagen für Klassenräume ohne mechanische Lüftung (n=297). Angegeben sind die min., max. und Wochendurchschnitte (= Mittelwerte aller Punktmessungen in einem Klassenraum während der Messwoche)

Diskussion

Übertragbarkeit der Ergebnisse

Bei der Analyse der Messresultate ist zu beachten, dass das primäre Ziel dieser Messkampagne die Sensibilisierung der Schüler (und Lehrpersonen) für die Themen Raumluftqualität und Lüftungsverhalten war. Der Fokus lag darauf, das Bewusstsein der Schüler (und Lehrpersonen) zu schärfen, wie sich ihr Lüftungsverhalten auf die Raumluftqualität bzw. CO_2-Konzentration auswirkt. Somit handelt es sich bei diesem Projekt nicht um eine wissenschaftliche Studie.

Die Messprotokolle wurden aus pädagogischen Gründen handschriftlich von den Schülern verfasst: Durch das selbstständige Eintragen der Messwerte sollte der Lerneffekt erhöht werden. Einbussen bei der Datenqualität und -zuverlässigkeit wurden deshalb bewusst in Kauf genommen bzw. das Projektteam hatte keinen Einfluss auf diese. So konnten die Daten beispielsweise statt immer am Ende der Lektion auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Laufe des Unterrichts erfasst werden, ganz nach dem Belieben der Schüler. Manche Messprotokolle wurden zudem mit sehr wenigen Aufzeichnungen zurückgesendet. Des Weiteren waren oft auch die Zeitintervalle zwischen zwei Messungen sehr unterschiedlich. Aus diesen Gründen können keine Aussagen zur Häufigkeit einer Überschreitung von Richtwerten getroffen werden. Zudem fehlen Angaben zu den Räumen (Volumen, Fensterfläche, etc.) und Lüftungsparametern (z.B. Luftwechselrate), weshalb die Messergebnisse keine wissenschaftlichen vertretbaren Analysen zulassen. Sie können nur deskriptiv dargestellt werden.

Raumlufttemperatur

Die Raumlufttemperatur wurde jeweils ohne Angaben zum Aufstellungsort des Messgeräts (am Fenster, neben/auf dem Heizkörper, in der Sonne, etc.), zur Öffnungsposition der Fenster (geschlossen, gekippt, offen) oder Angaben zum Aussenluftvolumenstrom (im Falle einer Lüftungsanlage) erfasst. Einzelne, sehr hohe gemessene Temperaturen könnten daher auf eine ungeeignete Platzierung der Messgeräte zurückzuführen sein.
Die SIA 180 fordert für beheizte Wohn- und Büroräume[3] eine Temperatur im Bereich 20.5-24.5 °C. Abbildung 9 und Abbildung 4 zeigen, dass dies sowohl in Klassenräumen mit mechanischer Lüftung als auch in solchen ohne mechanische Lüftung grösstenteils der Fall war. Abbildung 10 lässt jedoch erkennen, dass die Temperaturen in den Klassenräumen ohne mechanische Lüftung klar tiefer sind als in den Klassenräumen mit mechanischer Lüftung. Dies könnte darauf hinweisen, dass in Klassenräumen ohne mechanische Lüftung, die internen Wärmelasten über Fensterlüftung eventuell besser abgeführt werden.

Raumluftfeuchte

Wie die Raumlufttemperatur, wurde auch die Raumluftfeuchte ohne Angaben zum Aufstellungsort des Messgerätes und ohne Aussenluftvolumenstrom (im Falle einer Lüftungsanlage) erfasst. Es gilt allgemein festzuhalten, dass insbesondere in den Wintermonaten bzw. während der Heizperiode eine ausgewogene Raumluftfeuchte wichtig ist: Zu hohe Raumluftfeuchten können z. B. zu Kondensationen und Schimmelpilz

führen; zu tiefe Raumluftfeuchten können dagegen z. B. zu Reizungen und Austrocknung der Schleimhäute führen. Zwischen den Parametern der Raumtemperatur, des CO_2 und der Raumluftfeuchte besteht immer eine gegenseitige Beziehung. So bewirkt generell ein zu hoher Luftwechsel nicht nur eine starke Reduktion der CO_2 Werte, was an sich erwünscht ist, sondern sie führt auch gleichzeitig dazu, dass die Raumluftfeuchte auf sehr tiefe Werte fallen kann. Dieser Zielkonflikt kann entschärft werden, wenn die Belüftung vor allem an kalten Tagen möglichst gut dem Bedarf angepasst ist und die Raumtemperaturen optimiert werden.

CO_2-Konzentration

Die meisten Schulen sind heutzutage – so auch in dieser Studie – noch auf eine natürliche und somit manuelle Lüftung angewiesen. Das Fraunhofer Institut kam zum Schluss, dass 10 Minuten Stosslüften zwischen zwei Unterrichtseinheiten von 45 Minuten unzureichend ist (Fraunhofer, 2010). Der Lüftungsbedarf hängt jedoch sehr stark von den Gegebenheiten, insbesondere vom Raumvolumen und der Belegung ab (BAG, 2019b). Entscheidend für den CO_2-Verlauf während der Unterrichtszeit ist auch, dass Klassenräume vor Beginn des Unterrichts am Morgen und Nachmittag möglichst vollständig gelüftet sind, und so mit einem möglichst tiefen CO_2-Pegel starten. Im Idealfall gibt es pro Klassenraum einen Lüftungsplan mit einem Verantwortlichen, der regelmässig und konsequent die Fenster für eine bestimmte Dauer öffnet. Wie die Schüler in den untersuchten Klassenräumen dieses Thema handhabten, ist nicht bekannt. Klar ist, dass über die Fenster gelüftet wurde, da eine Mehrheit der Klassenräume ohne mechanische Lüftung Wochendurchschnitte unter 1'400 ppm aufwies. Allerdings ist nicht bekannt, wie oft und wie lange jeweils über die Fenster gelüftet wurde. Etwa die Hälfte der teilnehmenden Klassen gab Messwerte an, die nie über 2‘000 ppm lagen. Nach den Kriterien des BAG in seiner Untersuchung zur Situation in der Schweiz (BAG, 2019c) ist ein Schulzimmer ausreichend gut gelüftet, wenn 2‘000 ppm während weniger als 10% der Unterrichtszeit überschritten werden. Unter der Annahme, dass die Werte meistens am Ende der Lektionen abgelesen wurden, hätten alle diese Schulklassen die Bedingungen für eine ausreichend gute Durchlüftung erfüllt. In der BAG-Untersuchung war dies rund ein Drittel. Zudem hatten dort nur zwei der 94 fenstergelüfteten Schulen CO_2 Pegel während der Unterrichtszeit von stets unter 1400 ppm. Hier notierten fast zehn Prozent der Klassen stets Werte unter 1‘400 ppm. Auch wenn direkte Vergleiche aufgrund vom unterschiedlichen Vorgehen im Projekt nicht möglich sind, ergeben sich daraus doch Hinweise, dass die Schulen in dieser Kampagne etwas besser gelüftet waren als in der BAG Studie. Auf der anderen Seite wurden in 10 % der Klassenräume ohne mechanische Lüftung Wochendurchschnitte über 2'000 ppm gemessen. Hier besteht auf jeden Fall Handlungsbedarf. Das Defizit in der Raumluftqualität könnte mit betrieblichen Massnahmen, z.B. der Erstellung und Einhaltung eines Lüftungsplans gemäss (BAG, 2019b), rasch beseitigt werden. Auch wären bauliche Massnahmen, wie z.B. der Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage, möglich. In der Broschüre «Lüftungsplanung bei Schulhausneubauten und -sanierungen – Informationen und Empfehlungen für Bauherren» vom Bundesamt für Gesundheit, BAG, sind weitere praktische Empfehlungen zur Verbesserung der Raumluftqualität gegeben. In mechanisch belüfteten Klassenräumen sollte bei einer normgerecht ausgelegten Lüftungsanlage (25 m^3/h pro Person) ein CO_2-Pegel von 1'000 ppm im Durchschnitt kaum überschritten werden. In 4 Fällen wurden Überschreitungen des CO_2-Richtwertes (1'400 ppm) im Wochendurchschnitt beobachtet (s. Abbildung 8); vereinzelt traten auch Überschreitungen von 2‘000 ppm auf.

---

[3] *Für Klassenräume wird keine separate Angabe gemacht. Es wird daher von einer gleichen Anforderung für Klassenräume ausgegangen.*

Dies kann unterschiedliche Gründe haben, wie z.B. das Nicht-Einhalten der Planungswerte durch zu hohe Druckverluste in der Lüftungsanlage (z.B. bei verstopften Luftfiltern) oder eine Überbelegung des Klassenraumes im Vergleich zum Planungswert[4]. Zur Behebung des Defizits können wiederum betriebliche Massnahmen (zusätzliches oder öfteres bzw. längeres Fensterlüften, Überprüfung des Luftwechsels, etc.) oder bauliche Massnahmen (Nachrüstung mit Sensoren, etc.) eingesetzt werden.

In Abbildung 7 ist deutlich erkennbar, dass die -von den Schülern protokollierte- Raumluftqualität in Klassenräumen mit mechanischer Lüftung besser ist als in Klassenräumen ohne mechanische Lüftung. So notierten fast 60 % der Klassenräume mit mechanischer Lüftung im Wochendurchschnitt eine CO_2-Konzentration unter 1'000 ppm, während dies auf nur knapp 20 % der Klassenräume ohne mechanische Lüftung zutraf.

Schlussbemerkung

Neben den oben erwähnten Limitierungen der Studie (Messmethode, Unschärfe der Messprotokolle) stellt sich die Frage, wie repräsentativ die Studie für die Verhältnisse in Schweizer Schulen ist. Die Erkenntnisse lassen sich zwar nicht verallgemeinern, die hohe Anzahl von teilnehmenden Klassen ermöglicht aber das Feststellen von Trends, die für die öffentliche Diskussion durchaus als Grundlage dienen können.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurden zwischen 2016 und 2019 in insgesamt 569 Schweizer Klassenräumen die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte sowie die CO_2-Konzentration gemessen. Die Messungen erfolgten in der Heizperiode jeweils über eine Woche und wurden von den Schülern durchgeführt und protokolliert, mit dem Ziel, das Bewusstsein der Schüler für eine gute Raumluftqualität und korrektes Lüftungsverhalten zu schärfen. Ein weiteres Ziel der Studie war es, die Raumluftqualität in natürlich sowie mechanisch belüfteten Klassenräumen zu bewerten und zu vergleichen.

Die Resultate legen nahe, dass die Sensibilisierung einen Effekt auf das Lüftungsverhalten hatte und die Raumluftqualität während der Messwoche verbessert werden konnte. Mechanisch gelüftete Klassenräume hatten eine deutlich bessere Raumluftqualität als ausschliesslich manuell gelüftete Klassenräume. In Klassenräumen mit Fensterlüftung stellt die ausreichende Durchlüftung eine Herausforderung dar. Um eine genügend gute Raumluftqualität auch längerfristig sicherzustellen muss effizient, regelmässig, und genügend lange gelüftet werden.

[4] *Diese Hypothese konnten im Projekt nicht weiter untersucht werden.*

Literatur

BAG, 2019a	Bundesamt für Gesundheit: Lüftungsplanung bei Schulhausneubauten und -sanierungen – Informationen und Empfehlungen für Bauherren, Themenblatt B, Bern, 2019. (siehe auch *www.schulen-lueften.ch*)
BAG, 2019b	www.simaria.ch
BAG, 2019c	Bundesamt für Gesundheit: Lüftungsplanung bei Schulhausneubauten und -sanierungen – Informationen und Empfehlungen für Bauherren, Themenblatt D, Bern, 2019. (siehe auch *www.schulen-lueften.ch*)
Fraunhofer, 2010	Fraunhofer IBP: Besseres Lernen in energieeffizienten Schulen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2010
SIA 180	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 180 – Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden, Zürich, 2014
SIA 381/3	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 381/3 – Heizgradtage der Schweiz, 1982.
SIA MB 2024	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 2024 – Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik, 2015.

Danke!

MeineRaumluft.ch

Unabhängige Plattform für gesunde Luft in Innenräumen
info@meineraumluft.ch, www.meineraumluft.ch

Wir danken allen Plattformpartnern von MeineRaumluft.ch, die mit ihrer Unterstützung und den Produkten gesunde Luft in Räumen fördern.

LCH Dachverband Lehrerinnen und Lehrer Schweiz

MINERGIE

LUNGE ZÜRICH
Hilft. Informiert. Wirkt.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern ED
Bundesamt für Gesundheit BAG

Lucerne University of Applied Sciences and Arts
HOCHSCHULE LUZERN
Technik & Architektur
Institut für Gebäudetechnik und Energie

krebsliga

LUNGENLIGA

SVLW
Schweizerischer Verein Luft- und Wasserhygiene

AEH
Corporate Health Experts

BELIMO

camfil

CAPAROL

condair

dresohn
Innovation im Lüftungsbau

eco-bau
Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau
Durabilité et constructions publiques
Sostenibilità negli edifici pubblici