



Messgenauigkeit von CO₂-Messgeräten

Erkenntnisse, Empfehlungen

Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik

Projektverfasserin:

Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw

Auftraggeberin:

Stadt Zürich
Amt für Hochbauten
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik
Lindenhofstrasse 21
CH-8021 Zürich

Ort, Datum: Horw, 15.08.2023

Ersteller:

Freigabe:

Stephan Zuber
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dr. Benoît Sicre
Leiter Forschungsgruppe «Gesundheit und
Hygiene»

Dieser Bericht umfasst 18 Seiten und darf ohne die schriftliche Genehmigung des Instituts für Gebäudetechnik und Energie nur in ungekürzter Form vervielfältigt werden.

Inhalt

1	Von Menschen genutzte Räume brauchen eine Lüfterneuerung	4
2	Was ist CO₂ und warum CO₂ in Innenräumen messen?	5
3	Wie wird CO₂ gemessen?	6
4	Wie wird korrekt über die Fenster gelüftet?	7
5	Ziel der vorliegenden Studie	8
6	Methoden	9
7	Resultate	10
8	Interpretation/Empfehlungen	13
8.1	Für die Geräte-Benutzer	13
8.2	Für die Gerätehersteller:	14
8.3	Input für Normen und Regelwerk	15
9	Schlussfolgerung, Ausblick	16
10	Literaturverzeichnis	17

1 Von Menschen genutzte Räume brauchen eine Lüfterneuerung

Der menschliche Stoffwechsel produziert bei der Umwandlung von Nahrungsmitteln in Denk- und Arbeitsleistung auch Abfallprodukte. Diese werden fest, flüssig oder gasförmig vom Körper wieder abgegeben. Die gasförmigen Produkte werden über die ausgeatmete Luft an die Raumluft abgegeben. Diese Laststoffe können ab einer bestimmten Konzentration zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Um dies zu vermeiden, muss die Luft in Innenräumen ausgetauscht werden. Je weniger Luftvolumen pro Person in einem Raum mit einem manuellen Lüftungskonzept zur Verfügung steht, umso öfters muss manuell über die Fenster gelüftet werden. Somit wird die Schadstoff-Belastung durch den menschlichen Stoffwechsel nicht zu hoch.

2 Was ist CO₂ und warum CO₂ in Innenräumen messen?

CO₂ (Kohlendioxid) ist ein natürlicher Bestandteil der Erdatmosphäre. Der Gehalt in der Aussenluft beträgt heute rund 420 ppm, wobei dieser Wert zeitlich und räumlich etwas schwanken kann. CO₂ entsteht durch Verbrennungsprozesse (Heizung, Industrie) sowie aus dem Stoffwechsel von Lebewesen und aus Verwesungsprozessen. Anwesende Personen in einem Raum erhöhen durch das Ausatmen von CO₂ die Konzentration im Raum. In einem nicht-belegten oder vollständig durchlüfteten Raum ist die CO₂-Konzentration etwa gleich hoch wie in der Aussenluft. In einem belegten Raum kann die Konzentration auf ein Mehrfaches des Aussenluftwertes ansteigen.

CO₂ ist in der Innenraumluft chemisch stabil, in den in Räumen üblicherweise vorkommenden Konzentrationen ungiftig und kann nur durch Erneuerung der Luft aus dem Raum entfernt werden. Somit ist CO₂ ein guter Indikator sowohl für die durch die anwesenden Personen verursachte Raumluftbelastung wie z. B. körperliche Ausdünstungen, als auch für die Lüfterneuerung im Raum, d.h. wie gut der Raum belüftet wird.

Personen in einem Raum können eine langsame Verschlechterung der Raumluftqualität nicht direkt wahrnehmen und spüren deshalb auch nicht, wann ein Raum gelüftet werden sollte. CO₂-Messgeräte können hier Unterstützung bieten, indem sie den Grad der Raumluftqualität und damit auch den Lüftungsbedarf anzeigen (Bundesamt für Gesundheit, 2022). Besonders gesundheitlich sinnvoll ist das Überwachen der Luftqualität mittels der CO₂-Konzentration in Räumen, in denen sich mehrere Personen über längere Zeiträume aufhalten, wie z. B. Schulzimmer, Gemeinschaftsräume in Altersheimen, Sitzungszimmer, Büroräume, Pausenräume, Wartezimmer von Arztpraxen.

3 Wie wird CO₂ gemessen?

Auf dem Markt sind verschiedene Messgeräte für CO₂ verfügbar. Die meisten haben eine Anzeige, die den CO₂-Messwert, die Raumlufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit angibt. Manche Geräte verfügen zusätzlich über eine Farbanzeige in den Ampelfarben grün, gelb und rot, und/oder einen akustischen Alarm. Es gibt aber auch Geräte, welche nur eine Farbanzeige haben.

CO₂-Sensoren werden auch zur Steuerung und Regelung von mechanischen Lüftungen eingesetzt. Somit kann die Luftmenge der Anzahl der tatsächlich anwesenden Personen angepasst und Energie gespart werden.

4 Wie wird korrekt über die Fenster gelüftet?

Durch das gezielte Öffnen und Schliessen der Fenster werden die Raumlufbelastungen nach Aussen abtransportiert und die Luftqualität und das Wohlbefinden energieeffizient (Heizen, Kühlen) verbessert. Idealerweise soll beim Überschreiten einer CO₂-Konzentration von 1000 ppm gelüftet werden; spätestens bei 1400 ppm. Idealerweise soll gelüftet werden, bis die CO₂-Konzentration auf unter 500 ppm gesunken ist. Bei Geräten ohne Anzeige des CO₂-Werts sollte man sich an die allgemein empfohlene Lüftungsdauer von 10 Minuten im Sommer und 5 Minuten im Winter orientieren, s. (Bundesamt für Gesundheit, 2022).

5 Ziel der vorliegenden Studie

CO₂-Messgeräte sind ein sinnvolles Hilfsmittel für das bedarfsgerechte Lüften von Innenräumen mit einem manuellen Fensterlüftungs-Konzept.

Neu gebaute oder kürzlich sanierte Schulzimmer der Stadt Zürich verfügen normalerweise über ein nicht-manuelles Lüftungskonzept, welches für den normalen Schulbetrieb eine ausreichende Versorgung mit frischer Luft sicherstellt. Die Fenster können jederzeit geöffnet werden und den Luftwechsel bei Bedarf (Elternabende, etc.) erhöhen. Es gibt aber noch viele Klassenzimmer, welche ausschliesslich manuell belüftet werden. In diesen kommen seit ein paar Jahren flächendeckend CO₂-Messgeräte zum Einsatz. Ebenfalls verfügen viele andere städtische Gebäude über solche Hilfsmittel für möglichst korrektes manuelles Lüften.

Frühere Studien haben gezeigt, dass die Messgenauigkeit solcher Geräte stark schwanken kann (Krishnan, 2022). Zudem werden neue Messverfahren von den Herstellern eingesetzt, um die Messgenauigkeit zu erhöhen und Kosten zu senken.

Die zentrale Frage der vorliegenden Arbeit lautet, ob die Messgeräte die Nutzenden beim manuellen Lüften richtig anleiten. Zeigen sie zu hohe Werte an, wird zu viel gelüftet, was einen negativen Einfluss auf die Energie-Effizienz und den Komfort im Gebäude hat. Zeigen sie zu tiefe Werte, wird zu wenig gelüftet und die Luftqualität im Raum kann unhygienisch werden.

Die vorliegende Studie nimmt sich deshalb vor, unterschiedliche Geräte, die in der Schweiz kommerziell angeboten werden, hinsichtlich Messgenauigkeit zu prüfen und den Einfluss der physikalischen Grössen Temperatur und Luftfeuchte auf den Messwert systematisch zu untersuchen.

Aus den Erkenntnissen der Untersuchungen werden Empfehlungen für drei Zielgruppen formuliert: die Benutzer, die Hersteller und das Normwesen. Diese Studie beschränkt sich auf mobile Messgeräte (typisch Tischgeräte).

6 Methoden

In der vorliegenden Studie wurden 13 Gerätetypen untersucht, deren Aufgabe ist es, die Raumbenutzer über die herrschende CO₂-Konzentration zu orientieren. Von jedem Gerätetypen wurden mindestens drei Exemplare untersucht, damit eine mögliche Exemplar-Streuung mit dokumentiert werden kann.

Für die drei geprüften Grössen (CO₂, Temperatur und Feuchte) wurde die Messungenauigkeit der Messgeräte nach Formel 1 als Abweichung des vom Gerät angegebenen Messwertes zum Referenzwert definiert. Für die Grösse CO₂ wurden Referenzgase mit den Konzentrationen 400, 1000, 1500 und 2000 ppm verwendet. Diese wurden von einem Gaslieferanten präpariert und mit einem Prüfzertifikat geliefert. Dieses Papier verwendet die Abkürzung ppm als Ausdruck des Stoffgemisch-Verhältnisses (i.e. Molbruch) zwischen CO₂-Molekülen und Luft-Molekülen (μmol CO₂/mol Luft trocken).

Formel 1: Formel für die Differenz der CO₂-Konzentration gegenüber dem Referenzgas

$$\Delta CO_2 = CO_{2Ref.Sensor\ oder\ Ref.\ Gas} - CO_{2Prüfling}$$

Für die Konzentrations-Prüfung wurden die Messgeräte in einer luftdichten Prüfbox platziert, die langsam und homogen mit Referenzgas durchgeströmt wurde. Die Randbedingungen wie Temperatur, Feuchtegehalt und Druck in der Box wurden von hochwertigen Labormessgeräten überwacht. Nach dem Erreichen eines Beharrungszustandes wurde aus den letzten 30 Messwerten ein Mittelwert gebildet. ΔCO₂ ist die Differenz zwischen der Konzentration des Referenzgases und diesem Mittelwert.

Temperatur und Wassergehalt der Luft sind bekannte Einflussgrössen bei der Ermittlung der CO₂-Konzentration und müssen vom Messgerät intern kompensiert werden. Wie gut dies den einzelnen Gerätetypen gelingt, war Gegenstand des zweiten Teils der Studie. Diese Untersuchung wurde in einem Kalibrierschrank für Temperatur und Luftfeuchte durchgeführt. Die verschiedenen Messpunkte (Kombination aus Temperatur und Feuchte, s. Abbildung 2) wurden automatisch durchgelaufen. Nach dem Erreichen eines Beharrungszustandes wurde aus den letzten 30 Messwerten eine mittlere CO₂-Konzentration gebildet. ΔCO₂ ist die Differenz zwischen der vom CO₂-Referenzmessgerät angegebenen Konzentration und diesem Mittelwert. Als Referenzmessgerät diente ein kalibrierter FTIR-Laborspektrometer.

7 Resultate

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Messgenauigkeits-Prüfung in Form einer Abweichung in ppm gemäss Formel 1. Eine Minus Abweichung bedeutet, dass der gemessene Wert höher liegt als die Referenz. Das 10%-Toleranzband wurde als Hilfsstütze ebenso in der Graphik mit grauer Farbe dargestellt. Die Toleranzgrenze wurde von den Studienautoren gewählt, da einige Hersteller diese Genauigkeit in den Datenblättern versprechen. Puncto Messgenauigkeit ist in Abbildung 1 zu erkennen, dass die Qualität je nach Gerätetyp stark schwanken kann. Sie ist zudem konzentrationsabhängig. Somit reicht in den meisten Fällen eine 1-Punkt Justierung der Geräte nicht aus, sondern es sollen mindestens zwei Konzentrationen überprüft werden.

Um die Nutzenden beim Fensterlüften richtig anzuleiten, müssen die Geräte zumindest im Bereich von 1000 ppm bis 1500 ppm zuverlässig messen. Neun der dreizehn Messgeräte-Typen halten bei allen drei geprüften Geräten pro Typ die 10% Toleranz-Grenze ein. Fast alle diese Messgeräte geben zu hohe CO₂-Werte an, d.h. die tatsächliche Luftqualität im Raum ist besser, als dies die Messgeräte suggerieren.

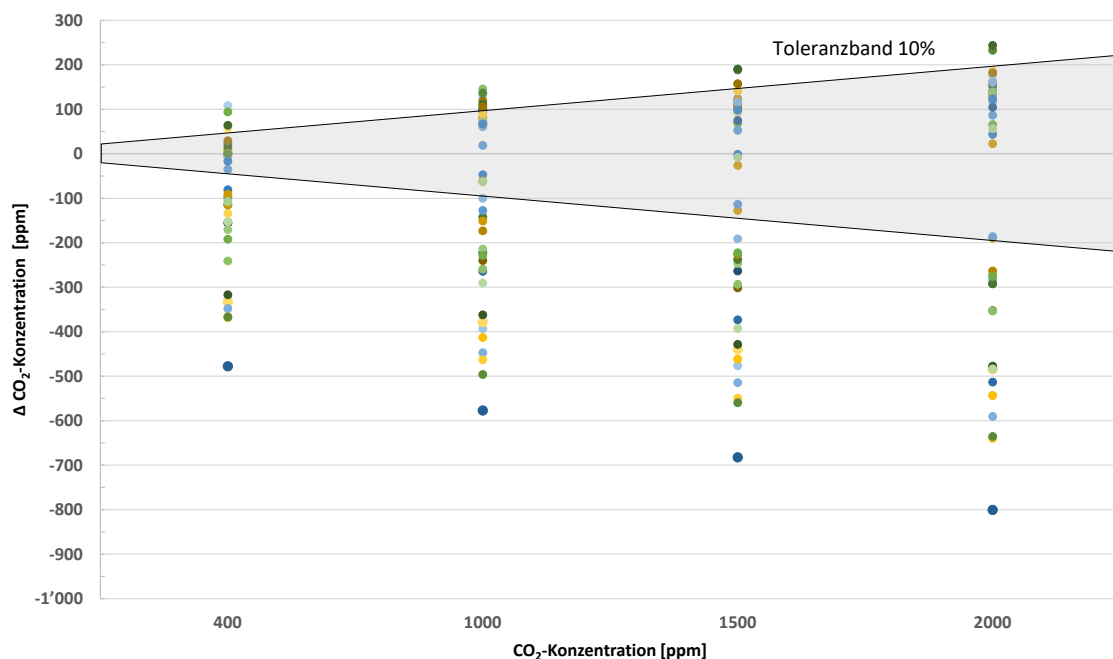


Abbildung 1: Abweichung der CO₂-Konzentrationen aller untersuchten Geräte gegenüber der Referenzkonzentration, mit befeuchtetem Referenzgas. Jedes Gerät wird mit einer anderen Farbe dargestellt.

Folgende Produkte lagen mit allen einzeln getesteten Geräten bei allen vier untersuchten Konzentrationen innerhalb des von den Autoren festgelegten Toleranzbandes von 10%:

- CO₂-Messgerät Typ A
- CO₂-Messgerät Typ B
- CO₂-Messgerät Typ H
- CO₂-Messgerät Typ M

Folgende Produkte lagen bei einigen Konzentrationen ausserhalb des von den Autoren festgelegten Toleranzbandes von 10%. Die Nutzenden werden trotz dieser Abweichung von der studienspezifischen Annahme durch die Geräte zu einem korrekten Fensterlüftungsverhalten angeleitet:

- CO₂-Messgerät Typ G (Hinweis: 2 von 3 Geräten waren im Toleranzband)
- CO₂-Messgerät Typ F
- CO₂-Messgerät Typ L
- CO₂-Messgerät Typ J (Hinweis: 2 von 3 Geräten waren im Toleranzband)

Folgende Produkte lagen mit allen Geräten und bei allen Konzentrationen ausserhalb des Toleranzbandes von 10%. Die Geräte zeigen zu hohe CO₂-Konzentrationen an. Dies führt dazu, dass die Nutzenden zu früh aufgefordert werden, manuell zu lüften. Das Überlüften von Räumen führt zu einem zu hohen Energieverlust:

- CO₂-Messgerät Typ C
- CO₂-Messgerät Typ D
- CO₂-Messgerät Typ E (Hinweis: 1 von 5 Geräten war konform)

Abbildung 2 zeigt den Einfluss von Lufttemperatur und -feuchte auf den angegebenen CO₂-Wert als Abweichung zum CO₂-Referenzmessgerät. Die Messung erfolgte bei Umgebungskonzentration (ca. 420 ppm). Die Variation der beiden Grössen wird je Gerätetyp mehr oder weniger gut kompensiert (erkennbar daran, wie geradlinig und waagrecht die Kurve verläuft). Bei den untersuchten Geräten führt eine Variation von Temperatur und Feuchte in Bereichen, wie es in Innenräumen üblich ist (konkret 20 bis 30 °C Raumtemperatur, 30 % bis 60 % relative Luftfeuchtigkeit), zur einer Messabweichung kleiner als ±10 %. Somit gelingt es den getesteten Geräten gut, im Bereich von 400 ppm Temperatur- und Feuchteinflüsse zu kompensieren.

Dies trifft allerdings bei Bedingungen ausserhalb des in Abbildung 2 dargestellten Bereich nicht mehr zu, wie z. B. in warmen Ländern. Das haben Zusatzmessungen des Projektes gezeigt. Mehr hierzu ist im ausführlichen Messbericht zu finden, s. (Zuber und Sicre 2023).

Messgenauigkeit von CO₂-Messgeräten

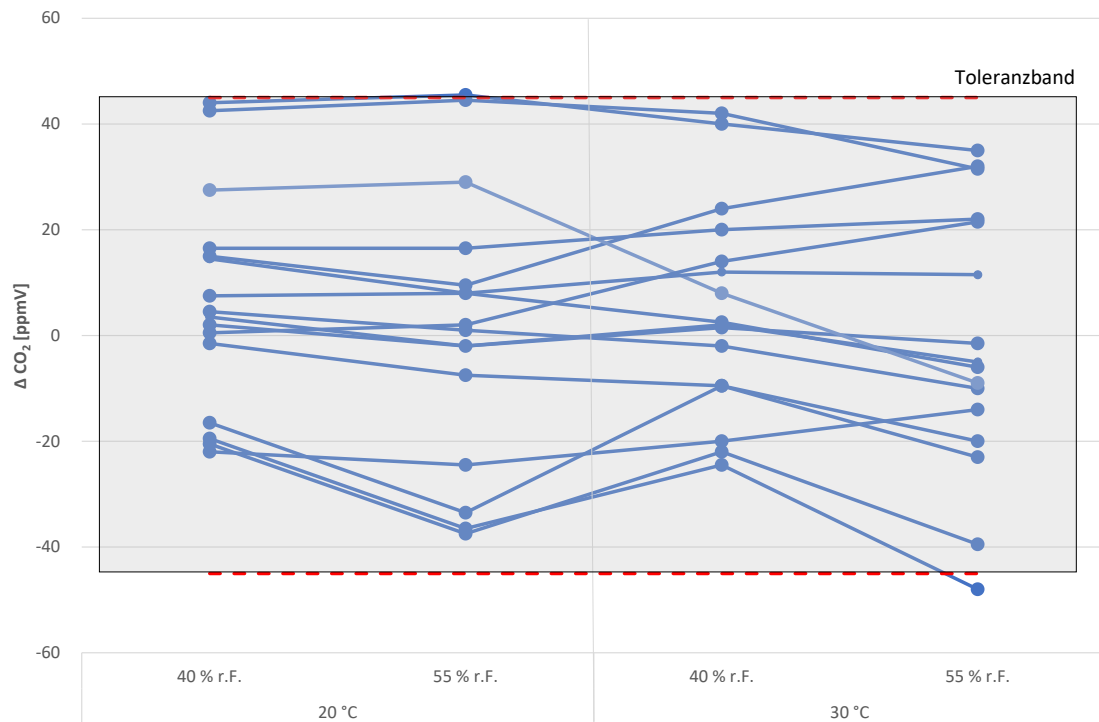


Abbildung 2: Einfluss von Temperatur und relative Feuchte auf den angegebenen CO₂-Wert bei 16 Geräten als Abweichung zur Angabe des Referenzmessgerätes

8 Interpretation/Empfehlungen

8.1 Für die Geräte-Benutzer

Diese Studie zeigt, dass bei den 13 untersuchten Gerätetypen die Messgenauigkeit von Typ zu Typ signifikant schwanken kann: Vier Gerätetypen zeigen teilweise deutlich zu hohe Werte an. Das führt dazu, dass die Fenster zu oft geöffnet werden. Dadurch entsteht im Winter ein unnötiger Energieverlust und im Sommer wird zu viel Wärme ins Gebäude gelassen. Diese Geräte helfen trotzdem bei der Einschätzung einer genügenden Luftqualität und leiten die Nutzenden zu genügendem manuellen Lüften an. Zudem wurden die Hersteller durch die Studie für die Thematik sensibilisiert und lassen die Messergebnisse in ihre Produktentwicklung mit einfließen.

Da es im Gegensatz zu Kühlschränken oder Fernsehern derzeit keine Qualitätslabel für CO₂-Messgeräte gibt, wird für die Benutzergruppe mit hohen Anforderungen an präzisen Messwerten empfohlen, Produktvergleiche in der Verbraucherschutz-Literatur zu konsultieren. Denn die auf dem Datenblatt angegebene Messungenauigkeit wurde nicht immer vom Gerät eingehalten. Der Grund dafür: öfters wurde diese Angabe aus dem Datenblatt des Sensor-Lieferanten vom Geräte-Hersteller übernommen, ohne diese zu hinterfragen. Qualitätsschwankungen bei der Sensorproduktion, fehlende Eingangskontrolle beim Gerätehersteller und Einflüsse von Einbaubedingungen der elektronischen Komponenten führen in der Praxis dazu, dass viele Geräte diese Herstellerangabe zur Messungenauigkeit nicht einhalten.

Bei den Messprinzipien kann generell von Geräten mit so genannten Halbleiter-Sensoren (VOC- oder Luftqualitätssensoren genannt) abgeraten werden. Die Korrelation zwischen Geruchsmolekülen und CO₂ in der Luft ist meistens zu schwach (Kiesewetter et al., 2016). Zudem verfälschen Störfaktoren wie die Luftfeuchte zu stark das Messergebnis bei den aktuellen Halbleiter-Sensoren. Bei den anderen Messprinzipien für CO₂ wie Infrarot (auch NDIR genannt) oder Photoakustik (auch IR-PAS genannt) können keine spezifischen Aussagen gemacht werden. Denn neben der Qualität des Sensors selbst spielen auch der Einbau und die Datenverarbeitung bei der Messgenauigkeit eine wesentliche Rolle. Beide können vom einem Gerättypen zum anderen sehr unterschiedlich sein.

Bei Geräten mit automatischer Justierung (auch ABC-Logik genannt) wird auf eine sachgemässe Inbetriebnahme und eine regelmässige Aussetzung des Geräts zur Aussenluft hingewiesen. Denn um die Drift des Messgerätes entgegenzuwirken, setzt diese Logik den niedrigsten Wert der letzten sieben Tagen der Aussenluftkonzentration gleich und korrigiert somit ihre Baseline, etwas das bei schlecht belüfteten Räumen zu Falschergebnissen führen kann.

Bei Geräten, die nur eine Farbanzeige ('Ampel') und keine Anzeige des CO₂-Werts anbieten, sollte der Farbwechsel manuell einstellbar sein. Ist ein akustischer Alarm vorhanden, sollte er ebenfalls verstellbar und ein-/ausschaltbar sein. In der Gerätedokumentation sollte man überprüfen, bei welcher CO₂-Konzentration die Ampel

auf 'gelb' oder 'rot' wechselt bzw. ein Alarm ertönt. Diese Einstellung ggf. dann anpassen, damit die Nutzer bei ihrer Tätigkeit nicht ungewollt gestört werden und sie schlicht einfach das Gerät nicht komplett ausschalten.

Zum Thema Aufstellort des Messgeräts wird auf (Bundesamt für Gesundheit, 2022) verwiesen.

8.2 Für die Gerätehersteller:

Die vorliegende Studie bietet den teilnehmenden Herstellern durch den an einer Prüfnorm angelehnten Produktvergleich einen Benchmark ihres Produkts für drei wichtige physikalische Größen: die CO₂-Konzentration, die Temperatur und die Luftfeuchte. Der Hersteller erfährt, wie sein Gerät unter kontrollierten und wiederholbaren Laborbedingungen gegenüber der Konkurrenz abschneidet. Hiermit werden ihm Anregungen und Anhaltspunkte für den allfälligen Bedarf an Weiterentwicklung seines Produkts geliefert.

Rund 50 % der getesteten Geräte konnten die in der Studie angestrebte Toleranz von $\pm 10\%$ in allen gemessenen Bereichen (inkl. den nicht-praxisrelevanten, s. hierzu Zuber & Sicre, 2023) erfüllen. Die Gründe für die Nicht-Erreichung sind vielfältig und können folgende Ursachen haben: z. B. die Qualität der eingesetzten elektronischen Komponenten, die Qualität der Verarbeitung des Geräts, die Algorithmen zur Verarbeitung der Messdaten, die gewählten Justierungsautomatismen, etc.

Die wesentlichen Empfehlungen an die Hersteller sind eine korrekte Anströmung des Sensors, um Verzug bei der Angabe des Messwertes zu vermeiden sowie keine störende Temperaturerhöhung im Gehäuse, z. B. durch den Trafo, die den Messwert verfälschen könnte. Auch die Qualität der Ausführung der Platine (Lötstellen, spannungsfreier Einbau des Sensors etc.) kann eine wesentliche Rolle bei der Messgenauigkeit spielen.

Bei der Anwendung einer automatischen Justierung, wie z. B. die ABC-Logic, soll auf die Möglichkeit einer forcierten Justierung z.B. durch Knopfdruck für das gezielte Auslösen der Justierung geachtet werden. Die Annahme, dass das Messgerät mindestens einmal in den letzten sieben Tagen der Referenz-Konzentration ausgesetzt wird, ist bei schlecht belüfteten Räumen trügerisch, da die Raumluftqualität stark vom Nutzerverhalten abhängig ist. Zudem ist die Aussenluft-CO₂-Konzentration zeitlich und vom Standort abhängig (Städte vs. Land).

Eine Anzeige, mit einer 4-stelligen Auflösung suggeriert dem Nutzenden eine hohe Messgenauigkeit im ppm Bereich, was meistens nicht der Fall ist. Statt ppm-genaue Werte anzugeben, kann es in der Praxis zielführender sein, den CO₂-Gehalt z.B. in Schritten von 20 ppm anzuzeigen.

8.3 Input für Normen und Regelwerk

Die geprüften Geräte haben die Aufgabe, die Nutzenden beim korrekten Fensterlüften zu unterstützen. Da es für diese enge Fragestellung (mit in der Praxis typischerweise vorkommenden Temperatur- und Feuchtigkeits-Bedingungen) keine eigene Prüfnorm gibt, wurde auf die Prüfnorm SN, EN 50543 zurückgegriffen. Diese gilt für aktuelle Sensortechnologien (Messprinzipien NDIR, IR-PAS, Metalloxyde, etc.). Somit konnten das Messverfahren der Normen kritisch bewertet und Empfehlungen für die Überarbeitung der Norm ausgearbeitet werden.

Unter anderem konnte Klärungs- sowie Präzisierungsbedarf im Text der Norm formuliert werden. Beispielsweise ist die in der Norm angewendete Einheit bei der Prüfung das ppm. Wegen der verschiedenen Definitionen des Begriffs ppm (bezogen auf Volumen, Mass, Stoffmenge, Wiederholung eines Ereignisses etc.) sollte in der Norm präzisiert werden, dass es sich um ppmV (also um ein Volumenverhältnis bzw. Molenbruch) handelt.

Präzisierungsbedarf besteht ebenso bei der Definition der Randbedingungen. Es wird in der Norm nicht erwähnt, ob ein trockenes oder befeuchtetes Referenzgas verwendet werden soll. Dies führt zu einer Ungenauigkeit bei der Angabe im Bereich von 1-2% (i.e. 40 ppm bei 2000ppm), abhängig von der gewählten Feuchte. Durch die fehlende Vorgabe eines Wassergehalts in der Norm sind die Autoren dieses Papiers davon ausgegangen, dass die Versuche mit trockenem Referenzgas durchzuführen sind.

Für einige Sensortypen hat sich der Umgang mit trockenem Gas als so problematisch erwiesen, dass der Ablauf der Messungen geringfügig geändert werden musste. Die Messung mit trockenem Gas kann zu erheblich falschen Ergebnissen führen. Die im Jahr 2011 veröffentlichte Norm sollte aus dieser Optik überarbeitet werden, damit auch neuartige Sensoren weiter mit dieser Norm überprüft werden können.

9 Schlussfolgerung, Ausblick

Die CO₂-Konzentration in der Raumluft ist in von Menschen genutzten Räumen wie Wohn-, Büro- und Bildungsgebäuden ein anerkannter Indikator für die allgemeine Raumluftqualität und den Luftaustausch. Die korrekte Erfassung seiner Konzentration ist nicht nur gesundheitlich, sondern auch energetisch relevant. Somit werden Anforderungen an die Messgenauigkeit von Messgeräten, die in privaten und öffentlichen Räumen zur Information der Raumnutzenden aufgestellt werden, in Regelwerken wie die Norm SN EN 50543 formuliert. Die vorliegende Studie hat sich vorgenommen, kommerziell erhältliche Geräte auf ihre Messgenauigkeit zu überprüfen und Empfehlungen für Geräte-Benutzer, Hersteller und Regelwerke zu formulieren.

Am Beispiel einer Stichprobe von 13 Gerätetypen (insg. 37 einzelne Geräte) wurde aufgezeigt, dass die Qualität in Puncto Messgenauigkeit schwanken kann. Alle getesteten Geräte leiten die Nutzenden zu genügendem manuellen Lüften an. Vier der 13 Gerätetypen zeigen aber zu hohe Messwerte an und suggerieren somit einen zu hohen Lüftungsbedarf, was zu einem erhöhten Energieverbrauch und vermindertem Raumkomfort führen kann.

Die Messabweichung ist u.a. konzentrationsabhängig. Eine allfällige Justierung sollte mindestens bei zwei Konzentrationen erfolgen.

Temperatur und Luftfeuchte haben bekanntlich einen Einfluss auf die Messung. Im üblichen Temperatur- und Feuchtebereich von Innenräumen in Zentraleuropa gelingt den Geräten die interne Kompensation weitgehend gut. Dies hat sich aber für andere Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse, wie z. Bsp. in warmen Ländern mit einer hohen Luftfeuchtigkeit, nicht bewahrheitet.

Zuletzt zeigt die Studie, dass Bedarf an einer Überarbeitung der aktuellen Regelwerke besteht. Die Angaben sind für eine fehlerfreie Durchführung der Messung z.T. unzureichend und nicht klar genug. Zudem müsste das Prüfverfahren für neuartige Messverfahren angepasst werden, insbesondere bei Sensoren, die mit dem Umgang mit sehr trockener Luft Probleme haben.

Zum Schluss soll auch darauf hingewiesen werden, dass neben der Genauigkeit des Messgerätes die Platzierung im Raum eine wichtige Rolle für die Brauchbarkeit der Messung spielt. Z. Bsp. sollen Geräte nicht dort aufgestellt werden, wo Personen direkt auf den Sensor atmen könnten oder auch nicht zu nah zu Luftein- bzw. -auslässe sowie in der Nähe von Türen bzw. Fenstern oder hinter einem Vorhang.

Schlussendlich sollen unabhängig von der Genauigkeit der eingesetzten Messtechnik die allgemeinen Lüftungsregeln beachtet werden: es sollte stets effizient gelüftet werden (Stosslüftung mit vollständig geöffneten Fenstern, wo möglich Durchzug) und die Raumnutzung sollte immer mit frischer Raumluft begonnen werden.

10 Literaturverzeichnis

Bundesamt für, Gesundheit: Faktenblatt Richtig Lüften. Webseite des Bundesamtes für Gesundheit. 31. 08 2022. <https://www.bag.admin.ch/>.

Zuber, Stephan, und Benoit Sicre (2023): Messbericht CO₂. Messbericht, Luzern: Hochschule Luzern - Technik & Architektur.

Schweizer Norm SN, EN 50543. (2011): Tragbare und transportable elektrische Geräte für die Detektion und Messung von Kohlendioxid und/oder Kohlenmonoxid in Innenraumlufte - Anforderungen und Prüfverfahren. Fehraltorf: Electrosuisse.

Schweizer Norm SN, EN12599:2012. (2013): Lüftung von Gebäuden - Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen, SIA 382.102. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.

Krishnan, Vinayak: Methodical School Ventilation Design to improve Efficiency, Comfort, and Health: Design, Concepts for Air Handling units and Performance assessment for Low-cost sensors. Technische Universiteit Eindhoven (2022)

Kiesewetter, Olaf und Müller, Jürgen und May, Matthias (2016): Kombinierte Luftgütemessung mit IR- und Halbleitergassensoren In: Gasmesstechnik in Theorie und Praxis. Springer Vieweg, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-10687-4_16

Stadt Zürich
Hochbaudepartement
Amt für Hochbauten
Lindenhofstrasse 21
Postfach, 8021 Zürich
T+ 41 44 123 45 67
ahb@zuerich.ch
stadt-zuerich.ch/ahb
stadt-zuerich.ch/egt