

**zehnder**

always the  
best climate

Immer das beste Klima für

# **EIN VERGLEICH ZWISCHEN MANUELLER FENSTERLÜFTUNG UND KOMFORTLÜFTUNGSSYSTEMEN**

Vorteile von Komfortlüftungssystemen



## 1. Bedeutung der Raumluftqualität

„Geh mal an die frische Luft“: Diesen Ratschlag haben wir in unserer Kindheit oft von unseren Großeltern gehört. Sie hatten Recht. Jeden Tag atmen wir etwa 11 000 Liter Luft ein. Das entspricht etwa 50 Badewannen voll Luft. Sogar die WHO unterstreicht **die Bedeutung von frischer Luft für unsere Gesundheit**<sup>1</sup>.

Verschiedene Studien zeigen die Auswirkungen von schlechter Luft<sup>2</sup>. Neben Feinstaub und anderen Verunreinigungen ist der **Hauptindikator** für eine gute Raumluftqualität der **CO<sub>2</sub>-Gehalt in den Räumen**. Ein CO<sub>2</sub>-Gehalt oberhalb eines Wertes von 1 000 ppm kann zu Symptomen wie Kopfschmerzen, Konzentrationsproblemen oder Müdigkeit führen. Eine Kombination dieser negativen Faktoren kann zu gefährlichen Atemwegserkrankungen wie Asthma oder sogar Herzinfarkten führen.

Da wir fast **90 Prozent unserer Zeit in Innenräumen**<sup>3</sup> und **65 Prozent in unseren Wohnungen**<sup>4</sup> verbringen, müssen wir unbedingt für frische Luft in unseren Gebäuden sorgen. Heutzutage ist das eine eher schwierige Aufgabe. Wir leben häufig in dicht besiedelten Städten oder in der Nähe von Industriegebieten. Selbst wenn wir häufig die Fenster öffnen, kann belastete Luft in unsere Lungen gelangen. Außerdem sind neue und renovierte Gebäude sehr gut isoliert und luftdicht. Diese Luftundurchlässigkeit

schützt unsere Umwelt, reduziert aber auch die Luftwechselrate. Um die **Raumluftqualität auf einem gesunden Niveau** zu halten, muss die Luft häufig ausgetauscht werden. Zehnder setzt mit seinen Produkten und Dienstleistungen auf innovative Lösungen für ein gesundes, komfortables und energieeffizientes Raumklima. Deshalb wollten wir herausfinden, **welches der beste Weg ist, um gesunde Lebensbedingungen** in Wohnräumen zu gewährleisten: ob durch Einführung eines kontrollierten Wohnraumlüftungssystem oder durch regelmäßiges Öffnen von Türen und Fenstern.

Hierfür haben wir über ein ganzes Jahr lang eine Fallstudie durchgeführt. Als Untersuchungsobjekt diente ein Geschosswohnungsbau. Vier Wohnungen wurden kontinuierlich überwacht und zahlreiche Daten zur **Raumluftqualität, zu den Außenbedingungen und zum Energieverbrauch** erfasst. Der Unterschied zwischen den Wohnungen: zwei von ihnen verfügten über ein kontrolliertes Wohnraumlüftungssystem, in den beiden anderen Wohnungen erfolgte der Luftaustausch durch Öffnen der Fenster und Türen.

Das folgende Kapitel beschreibt unseren Ansatz und die Parameter der Studie. In Kapitel 3 sind die Ergebnisse unseres Forschungsprojekts aufgeführt. Eine Zusammenfassung unserer wichtigsten Erkenntnisse finden Sie in Kapitel 4.

1 Siehe: <https://www.who.int/airpollution/household/pollutants/combustion/en/>

2 Siehe z. B. Myhrvold AN, Olsen E, Lauridsen O 1996: Indoor environment in schools – pupil's health and performance in regard to CO<sub>2</sub> Concentrations. Proc Indoor Air 1996 4: 369 – 374 und BERNDT STENBERG, NILS ERIKSSON, JONAS HÖÖG, JAN SUNDELL, STIG WALL, The Sick Building Syndrome (SBS) in Office Workers. A Case-Referent Study of Personal, Psychosocial and Building-Related Risk Indicators, International Journal of Epidemiology, Volume 23, Ausgabe 6, Dezember 1994, Seite 1190–1197

3 [https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/health\\_impacts\\_climate\\_change\\_indoor\\_environment\\_uk\\_review\\_447na1\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/health_impacts_climate_change_indoor_environment_uk_review_447na1_en.pdf)

4 Siehe: Harvard, T.H. CHAN School of Public Health 2019: Homes for Health, 36 expert tips to make your home a healthier home. Seite 8

## 2. Ansatz, allgemeine Bedingungen und Werte

### 2.1 Untersuchungsgegenstand

Die von uns verglichenen Wohnungen gehören zu einem 2017 erbauten Haus in Büren in der Schweiz. Das Gebäude verfügt über **Isolierung auf dem neuesten Stand der Technik und ist in hohem Maße luftundurchlässig**. Das Gebäude hat vier Ebenen: zwei Etagen, ein Penthouse und ein Untergeschoss. Es gibt zwei Wohnungen in der ersten Etage und zwei Wohnungen in der zweiten Etage. Die Wohnungen auf der linken Seite haben eine Fläche von 80 m<sup>2</sup>, die auf der rechten Seite 113 m<sup>2</sup>.<sup>1</sup>

In der Wohnung oben links wohnt eine Person, in den anderen Wohnungen jeweils zwei.

Die oberen Wohnungen haben Fenster zum Lüften. Ein Zehnder ComfoAir Q350 Lüftungsgerät belüftet die beiden unteren Wohnungen. Die ComfoAir Q-Geräte sind mit einem Enthalpietauscher ausgestattet, der die Wärme und Feuchtigkeit von Ansaug- und Fortluft austauscht. Alle Türen und Fenster können geöffnet werden.

<sup>1</sup> Zur besseren Übersichtlichkeit bezeichnen wir in den folgenden Abschnitten die Wohnungen im ersten Stock als „untere Wohnungen“ und die Wohnungen im zweiten Stock als „obere Wohnungen“.



Abbildung 1: Gebäudeplanansicht mit Familiengröße und Lüftungsart.

### 2.2 Gemessene Daten

In unserem Vergleich konzentrieren wir uns auf die Art der verwendeten Lüftung, die daraus resultierende Raumluftqualität und den zum Heizen und Kühlen der Wohnungen notwendigen Energieverbrauch.

Als Indikator für die Raumluftqualität wurden die CO<sub>2</sub>-Werte in ppm gemessen. Gemäß den Empfehlungen von Gesundheitsorganisationen **betrachteten wir Werte über 1 000 ppm als ungesund**, Werte unter 800 ppm als gut und Werte zwischen 800 ppm und 1 000 ppm als mittlere Qualität.

In dieser Studie haben wir zudem den Energieverbrauch analysiert, der benötigt wird, um die Wohnungen auf einer behaglichen Temperatur zu halten.

### 2.3 Art der Messung

Die überwachten Daten stammen aus unterschiedlichen Quellen:

- **Die ComfoAir Q-Geräte** liefern die Daten zur kontrollierten Wohnraumlüftung. Sie werden alle fünf Minuten gemessen und aufgezeichnet.
- **Luftqualitätssensoren** erfassen Daten zur Raumluftqualität im Minutentakt.
- Das Öffnen von Fenstern wird mittels **Kontaktsensoren** überwacht, die zwischen einem gekippten und einem offenen Fenster unterscheiden können.
- Ein spezieller **Abstandssensor** wird verwendet, um zu messen, wie weit die Schiebetür geöffnet ist.
- **Eine Wärmepumpe** liefert für jede Wohnung Daten zum Energieverbrauch auf Stundenbasis.

Für die Langzeitanalyse haben wir die Daten, die wir aus Punkt 1 und 2 erhalten haben, gemittelt und in Stundenwerte umgerechnet.

Zusätzlich haben wir einen **Lüftungsfaktor** verwendet, der die Anzahl der geöffneten Fenster und die Dauer, für die sie geöffnet sind, angibt. Der Faktor reicht von 0 % bei geschlossenen Türen und Fenstern bis 100 % bei vollständig geöffneten Fenstern.

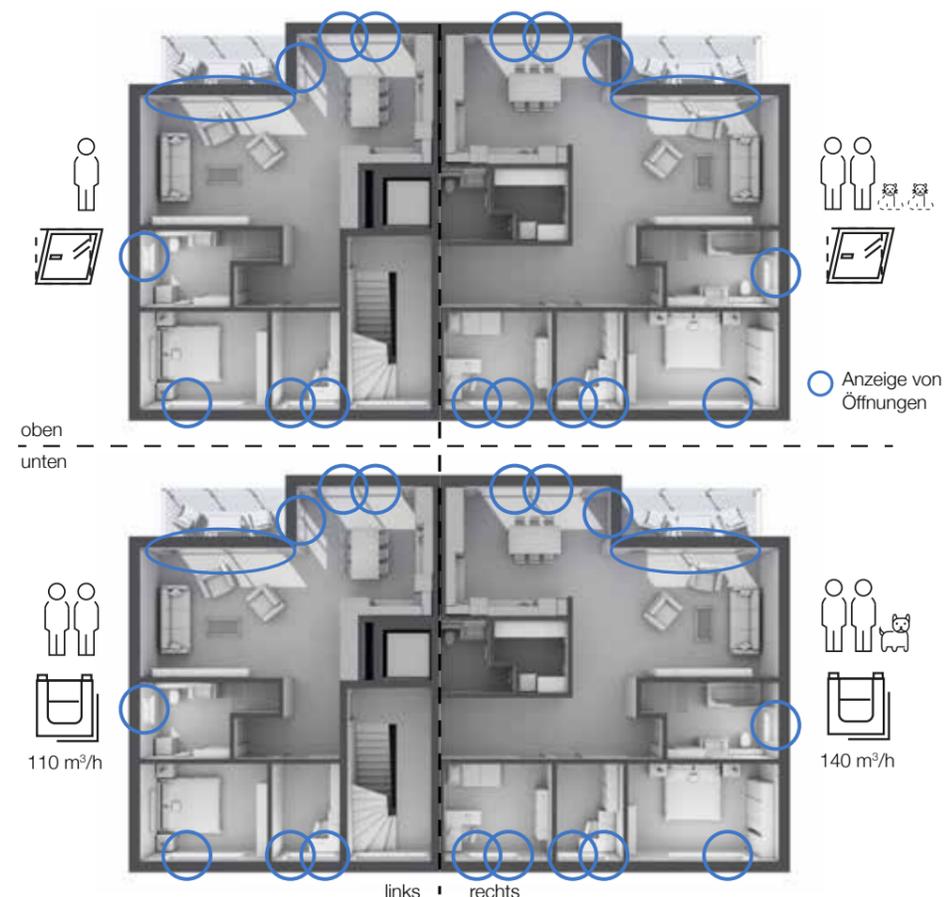


Abbildung 2: Grundriss der vier analysierten Wohnungen mit Familiengröße, Lüftungsart und durch blaue Kreise gekennzeichnete Lüftungsmöglichkeiten.

## 3. Die Ergebnisse im Detail

### 3.1 Raumluftqualität

#### 3.1.1 Ein Beispieltag im Sommer

Wie Abbildung 3 zeigt, **weist die Wohnung mit kontrollierter Wohnraumlüftung einen durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Wert zwischen 400 und 600 ppm im Wohn- und Schlafzimmer auf.** In der Nacht steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt an. Tagsüber sind die Bewohner unterwegs, die Lüftungsanlage sorgt jedoch weiterhin für den Austausch und die Auffrischung der Luft. Dadurch sinkt der durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Wert in der Wohnung von fast 600 ppm auf 400 ppm. Am Abend steigt der CO<sub>2</sub>-Wert leicht an. Dennoch ist die durchschnittliche Raumluftqualität über den gesamten Tag hinweg gut.

Die Bewohner mit manueller Lüftung halten nachts ein paar Fenster offen. Die Bewohner verlassen das Haus morgens mit einem Fenster in Kippstellung, was zu keinem ausreichenden Austausch der Raumluft führt. Der CO<sub>2</sub>-Wert bleibt tagsüber bei etwa 800 ppm. Wenn die Bewohner am Abend nach Hause kommen, werden alle Fenster und Türen geschlossen. Infolgedessen steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt auf bis zu 1.200 ppm an. Im Tagesverlauf sinkt der CO<sub>2</sub>-Wert nicht unter 600 ppm. Trotz der Fensterlüftung besteht sogar eine **mittlere (800 – 1 000 ppm CO<sub>2</sub>) bis schlechte Raumluftqualität (über 1 000 ppm CO<sub>2</sub>).**

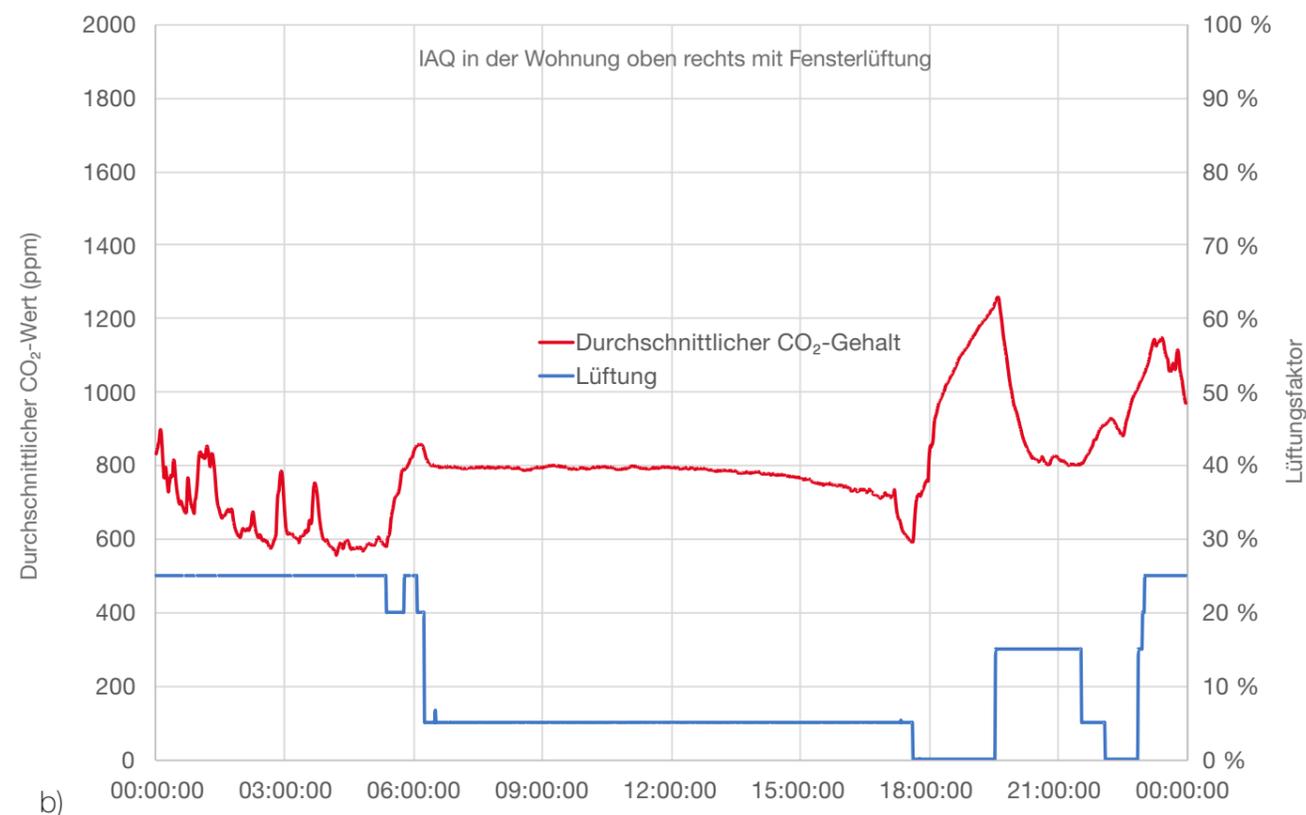
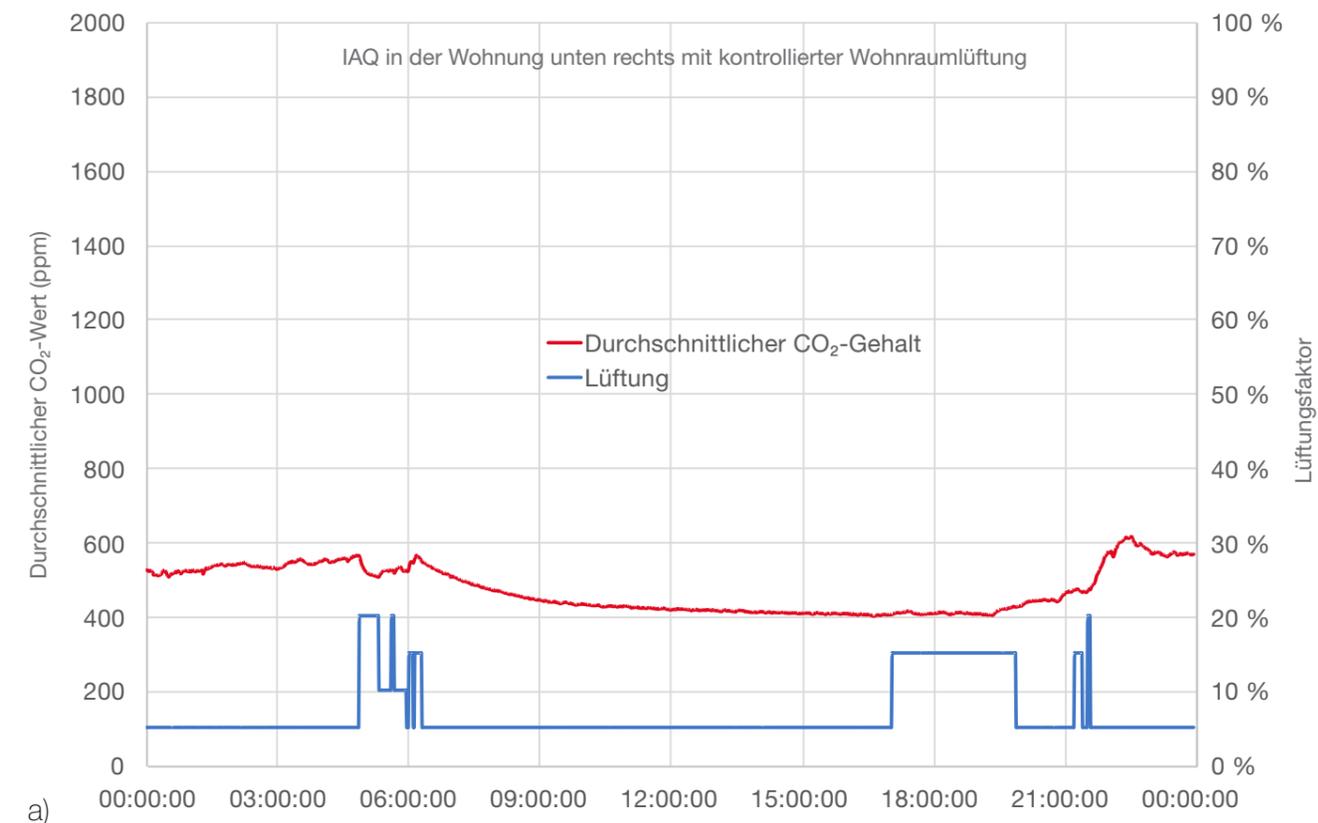


Abbildung 3: Beispiel für den Lüftungsfaktor und die CO<sub>2</sub>-Werte an einem Sommertag für eine ausbalanciert gelüftete Wohnung (a) und eine manuelle Lüftung (b).

### 3.1.2 Raumluftqualität über einen Zeitraum von einem Jahr

Abbildung 4 zeigt die CO<sub>2</sub>-Werte aller überwachten Räume in einem Teppichdiagramm an. Das Teppichdiagramm zeigt, zu welcher Tages- und Jahreszeit die Raumluftqualität gut, mittel oder schlecht ist.

Wohnungen mit automatischen Lüftungssystemen haben eine bessere Raumluftqualität als Wohnungen mit reiner Fensterlüftung.

Meistens sorgt die kontrollierte Wohnraumlüftung für einen ausreichenden Luftaustausch im Raum. Natürlich kommen auch manchmal Besucher, besonders in der Weihnachtszeit. Beachten Sie, dass wir die Bewohner aus Gründen der Zuverlässigkeit der Überwachungsergebnisse angewiesen haben, die Einstellung des Lüftungsstroms konstant zu halten.

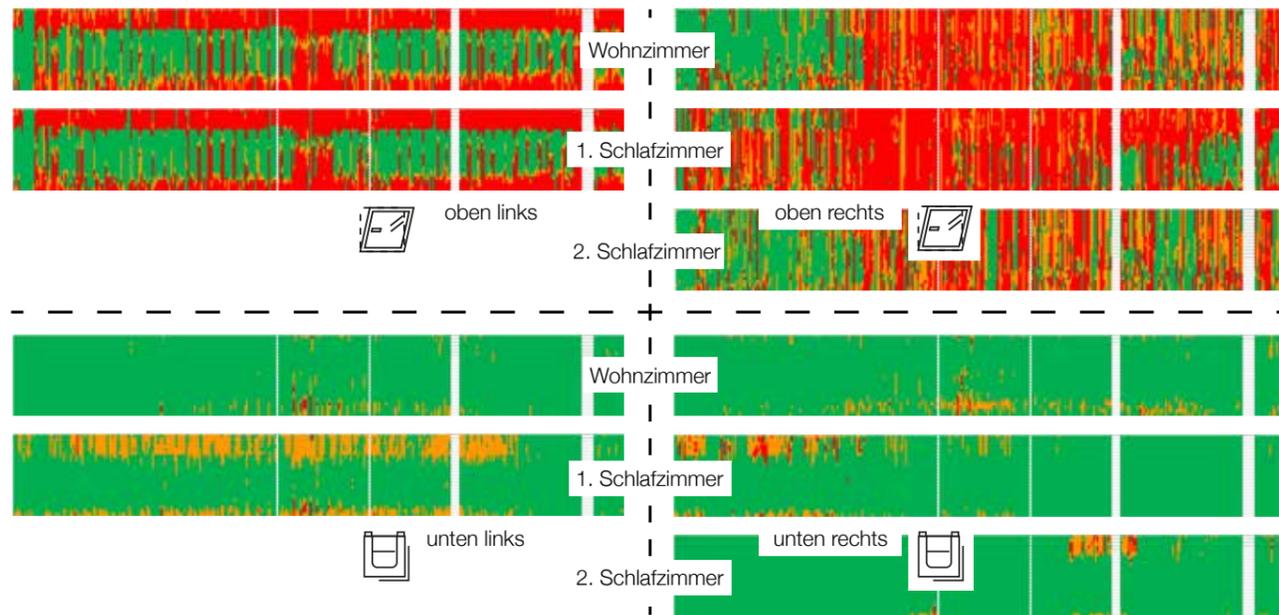


Abbildung 4: Raumluftqualität in allen Räumen der Wohnungen im Zeitraum eines Jahres. Die X-Achse des Teppichdiagramms reicht von Juli 2019 bis Juni 2020 und die Y-Achse von 0:00 bis 23:00. Grün steht für eine gute Raumluftqualität (IAQ), Orange für eine mittlere IAQ und Rot für eine schlechte IAQ.

### 3.1.3 Anzahl der Stunden mit ungesunden CO<sub>2</sub>-Werten

In der Studie wurde auch die **Anzahl der Stunden, in denen der CO<sub>2</sub>-Gehalt den Wert von 1 000 ppm überstieg**, gezählt. Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, gibt es einen großen Unterschied zwischen Wohnungen mit kontrollierter Wohnraumlüftung und solchen mit manueller Fensterlüftung. **Der typische Wert liegt unter 100 Stunden bei kontrollierter Wohnraumlüftung und bei 3 000 bis 5 000 Stunden bei Fensterlüftung.**

Das bedeutet, dass in den manuell gelüfteten Wohnungen die Raumluftqualität etwa 30 bis 50 Mal häufiger auf einem ungesunden Niveau liegt. Insgesamt gilt, dass Wohnungen mit kontrollierter Wohnraumlüftung nur zu 1 % der Zeit im Jahr ungesunde CO<sub>2</sub>-Werte aufweisen, während Wohnungen mit Fensterlüftung diese zwischen 30 % und 60 % der Zeit zeigen.

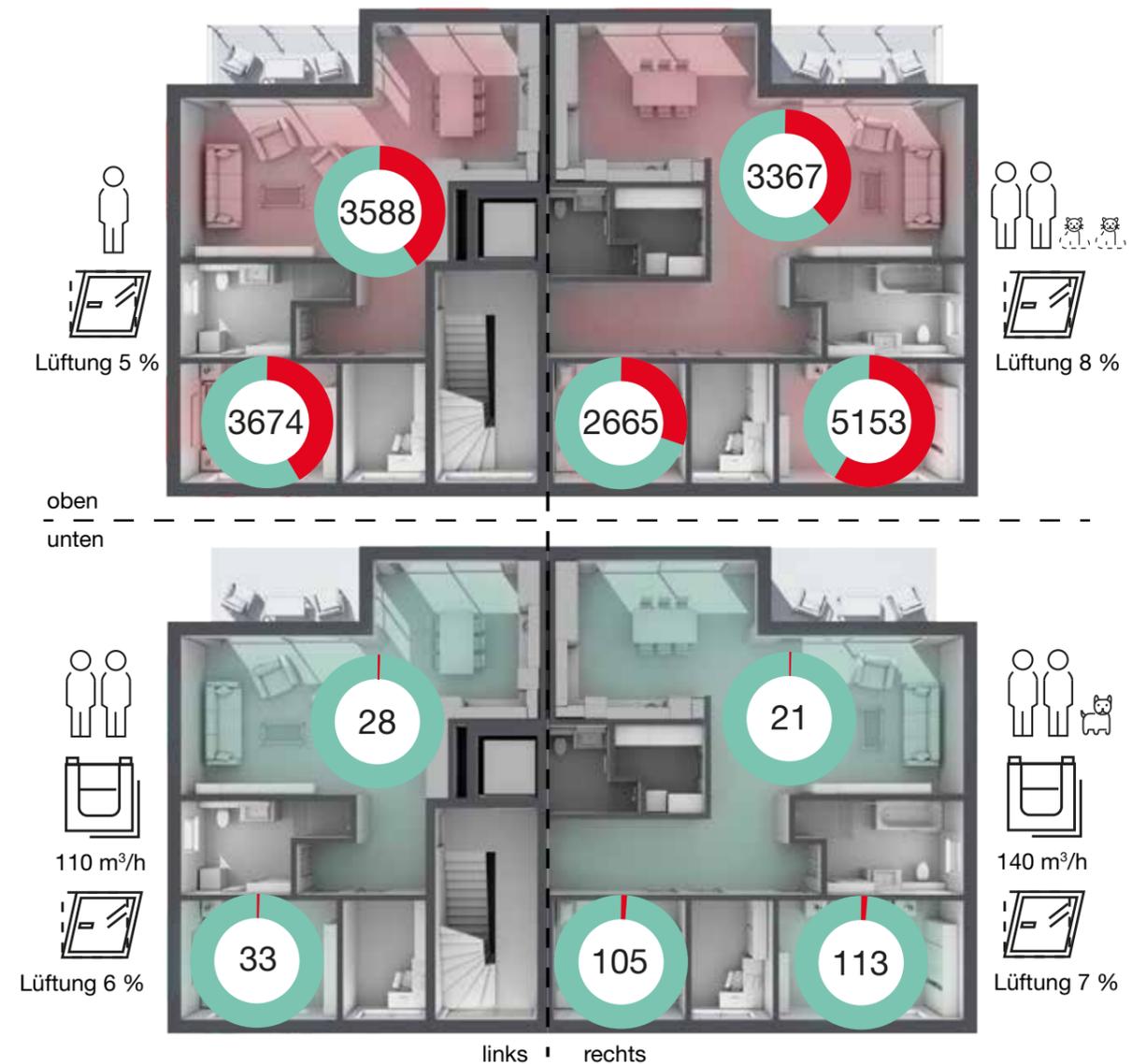


Abbildung 5: Grundriss des Gebäudes mit der Anzahl der überwachten Stunden mit CO<sub>2</sub>-Werten über 1 000 ppm. Lüftungsfaktor auf Basis des Gesamtjahrs.

### 3.2 Energieverbrauch für Heizung und Kühlung der Wohnungen

Da sich die Raumluftqualität in Wohnungen mit kontrollierter Wohnraumlüftung als so gut herausstellte, wollten wir die Auswirkungen des kontinuierlichen Frischluftstroms der kontrollierten Wohnraumlüftung im Vergleich zur Fensterlüftung auf den Energieverbrauch messen.

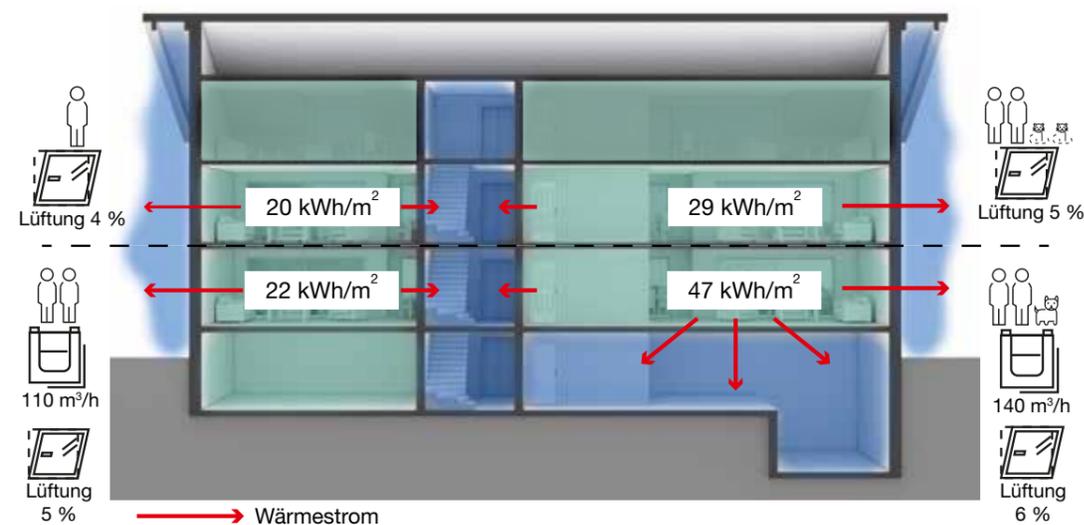


Abbildung 6: Gesamtverbrauch für die Heizung (in kWh/m<sup>2</sup>) der Wohnungen in einem Jahr. Ebenfalls dargestellt sind die durchschnittlichen Lüftungsfaktoren für den Zeitraum von Oktober 2019 bis März 2020. Klimatisierte Räume sind grün markiert, nicht klimatisierte Räume blau. Die winterliche Außenumgebung ist blau dargestellt. Der zu erwartende Wärmestrom durch die thermische Übertragung ist mit roten Pfeilen gekennzeichnet.



Abbildung 7: Gesamtverbrauch für die Kühlung (in kWh/m<sup>2</sup>) der Wohnungen. Ebenfalls dargestellt sind die durchschnittlichen Lüftungsfaktoren für den Zeitraum von April bis September 2020. Klimatisierte Räume sind grün markiert, nicht klimatisierte Räume blau. Die sommerliche Außenumgebung ist rot dargestellt. Der zu erwartende Wärmestrom durch die thermische Übertragung ist mit roten Pfeilen gekennzeichnet.

Der Gesamtverbrauch für die Heizung jeder Wohnung ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die beiden linken Wohnungen einen ähnlichen Energieverbrauch für die Heizung haben, wobei die Wohnung unten links einen etwas höheren Anteil an Fensterlüftung aufweist.

Die Wohnung unten rechts benötigte viel mehr Energie – fast doppelt so viel wie die Wohnung unten links bei gleicher Lüftung. Das lag zum Teil an dem darunter liegenden Keller, der weder beheizt noch gekühlt wurde. An die anderen Wohnungen grenzen beheizte Innenräume darüber und darunter an. Dies ist der sogenannte „Nachbarschaftseffekt“: Der Energieverbrauch hängt von der durchschnittlichen Innentemperatur der angrenzenden Räume ab. Ein weiterer Grund ist **die höhere Thermostateinstellung** in der Wohnung unten rechts.

Der überwachte Einsatz von Heizung und Kühlung einer Wohnung ist abhängig vom **Lüftungsfaktor**. Das ist logisch, denn die über das Fenster

einströmende Außenluft muss an die gewünschte Temperatur angepasst werden. Abbildung 6 und 7 zeigen, dass bei gleichem Lüftungsfaktor der Energieverbrauch für Heizung und Kühlung bei kontrollierter Wohnraumlüftung geringer ist.

In Abbildung 6 vergleichen wir den Gesamtverbrauch von 22 kWh/m<sup>2</sup> für die Heizung der Wohnung unten links mit dem Verbrauch von 29 kWh/m<sup>2</sup> der Wohnung oben rechts bei gleichem Einsatz der Fensterlüftung (derselbe Lüftungsfaktor von 5%). Wir sehen, dass der Einbau eines kontrollierten Wohnraumlüftungssystems zu keinem höheren Energieverbrauch für die Heizung führt. Dieser ist sogar um 24 % geringer.

In Abbildung 7 vergleichen wir den Gesamtverbrauch von 5,9 kWh/m<sup>2</sup> bzw. 9,1 kWh/m<sup>2</sup> für die Kühlung der beiden Wohnungen links, die denselben Lüftungsfaktor haben. Aus diesem Vergleich lässt sich schließen, dass der Einbau eines kontrollierten Wohnraumlüftungssystems etwa 35 % des Energieverbrauchs für die Kühlung einspart.



## 4. Fazit

Der Vergleich der Raumluftqualität hat gezeigt, dass die unteren Wohnungen mit kontrollierter Wohnraumlüftung eine deutlich bessere Raumluftqualität aufweisen als die oberen Wohnungen mit manueller Lüftung. Mit Blick auf die CO<sub>2</sub>-Werte haben wir nachgewiesen, dass **die Bewohner mit einem kontrollierten Wohnraumlüftungssystem in einer viel gesünderen Umgebung leben.**

Das Lüftungssystem sorgt für einen ständigen Frischluftaustausch in den Räumen. Manuelles Lüften bringt nur dann Frischluft herein, wenn mehrere Fenster geöffnet sind. Über einen längeren Zeitraum gemittelt liefert die Fensterlüftung nicht das gleiche Maß an guter Luftqualität wie eine kontrollierte Wohnraumlüftung. Anders als man vielleicht erwarten würde, **ist die Fensterlüftung nicht in der Lage, ein gesundes Raumklima zu schaffen**, da in 30 bis 60 % der Zeit die CO<sub>2</sub>-Werte über dem Wert von 1 000 ppm liegen.

Der Gesamtenergieverbrauch für das Lüften der Räume scheint von der Häufigkeit und Zeitdauer der Fensteröffnung abzuhängen. **Das Hinzufügen einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärme- und Kälterückgewinnung führt zu keinem höheren Energieverbrauch und verbessert die Raumluftqualität drastisch.**

### Wir freuen uns, von Ihnen zu hören.

Zehnder Group Schweiz AG  
Moortalstrasse 3  
5722 Gränichen  
Schweiz  
T +41 62 855 11 11  
F +41 62 855 11 22  
info@zehnder-systems.ch  
www.zehnder-systems.ch