

Luftwechsel im Gebäudebestand

Natürlicher Luftwechsel, Fensterlüftung
und die Notwendigkeit von Lüftungskonzepten

Uwe Münzenberg, Tino Weithaas, Jörg Thumulla
anbus analytik GmbH
Gesellschaft für Umweltanalytik
Gebäuediagnostik und Umweltkommunikation

Einführung

Bis zu 40% der Mehrfamilienhäuser im Altbaubestand mit veraltetem Wärmeschutz, welche jedoch mit modernen Fenstern ausgerüstet wurden, sollen sichtbaren Schimmelpilzbefall aufweisen. Befragungsergebnisse von 53 großen Wohnungsgesellschaften¹, welche zusammen über 500.000 Wohnungen verwalten, geben an, dass nach dem Fensteraustausch in 70 % der Wohnungen Schimmelbefall auftrat. Insgesamt geben die Wohnungsbaugesellschaften an, dass gut 10 % aller Wohnungen, also Neubau und Altbau zusammen, einen Schimmelbefall aufweisen.^{2,3}

Diese Zahlen stammen aus Befragungen. Aus eigener Erfahrung wissen wir, dass diese Zahlen eher nach oben korrigiert werden müssen, da der Schimmelbefall von den Bewohnern erkannt werden muss, um überhaupt erfasst werden zu können. Viele Nutzer scheuen sich, den Befall anzugeben, tun ihn als unbedeutend ab oder haben diesen hinter den Küchenschränken oder dem Schlafzimmerschrank noch gar nicht entdeckt.

Häufigste Ursache für den Schimmelbefall in Wohnräumen ist eine Kondensation an kühleren Oberflächen. Bei der Frage nach Vermeidungsstrategien für dieses sicherlich unnötige gesundheitliche Risiko kommt der Kenntnis über den Luftwechsel in Gebäuden eine zentrale Bedeutung bei. Der Luftwechsel ist definiert als der Quotient aus dem je Stunde ausgetauschten Luftvolumenstrom und dem Raumvolumen.

Daten über den aktuellen tatsächlichen Luftwechsel im Gebäudebestand sind kaum vorhanden. Den Planern ist es bisher nicht möglich, einen hygienisch erforderlichen Luftwechsel herzustellen, da bisher kaum Daten über Luftwechselzahlen in Altbauten vor und nach einer energetischen Sanierung vorliegen.

Schimmelpilzbefall durch Kondensation ist ein typisches Problem von Altbauten mit unzureichendem Wärmedämmstandard. Für Sanierungsempfehlungen ist es daher von entscheidender Bedeutung, Kenntnisse über den tatsächlichen natürlichen Luftwechsel zu haben. Nur wenn diese vorhanden sind, können sinnvolle Sanierungsstrategien entwickelt werden. Ohne dieses Wissen ist die häufig gegebene Empfehlung von „Fachfrau“ oder „Fachmann“, einfach mehr zu lüften, nicht mehr als ein gut gemeinter Ratschlag.

Im Rahmen seiner gebäudeanalytischen Tätigkeit führte AnBUS e.V. ein Forschungsprojekt zur „Bestimmung des natürlichen Luftwechsels im Altbaubestand anhand von Blower-Door-Messungen, *Korrelation zwischen dem mittels Blower-Door gemessenen Luftwechsel bei 50 Pa n_{50} und dem mittels Tracergas-Messungen ermittelten „natürlichen“ Luftwechsel*“ durch.⁴

Zielsetzung dieses Projektes war es, eine einfache aber reproduzierbare Methode zur Bestimmung des Luftwechsels n [1/h] zur Verfügung zu haben. Deshalb wurde bei einer repräsentativen Auswahl von Bauten der Luftwechsel bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen mit der aufwändigen Tracergas-Methode und einer einfachen Methode der Luftdichtigkeitsmessung erfasst und dokumentiert. Hierfür wurde das „Blower-Door“-Verfahren gewählt, das eine für die Planung und Qualitätskontrolle der Bauausfüh-

rung notwendige Untersuchung ist. Bisher fehlte der Zusammenhang zwischen den ermittelten Werten aus Luftdichtheitsmessungen und dem Luftwechsel unter natürlichen Bedingungen (Tracergas-Messung). Die ermittelten Daten wurden korreliert und Signifikanztests unterworfen. Zusätzlich wurden die gewonnenen Daten nach unterschiedlichen Gebäudetypen statistisch ausgewertet.

Ein Ergebnis des Projektes sind Erkenntnisse über den Luftwechsel im Gebäudebestand anhand von 80 beispielhaften Gebäuden aus dem Altbaubestand, welche im folgenden vorgestellt werden.

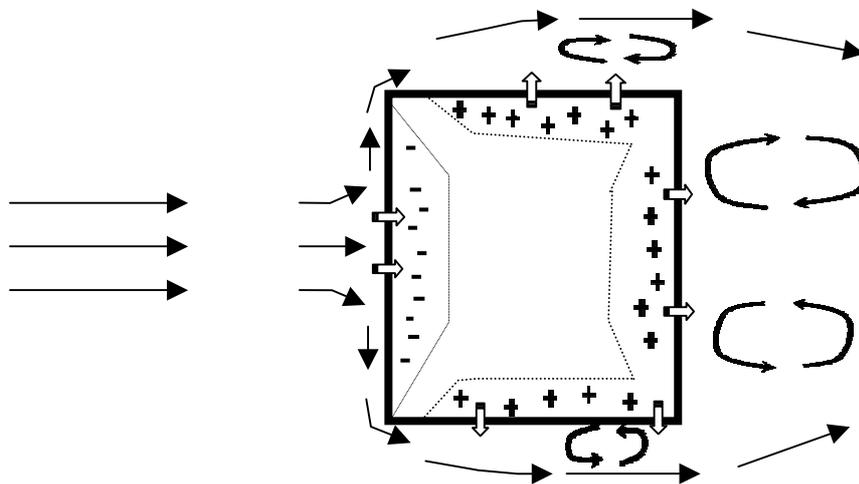
Grundlagen

Natürlicher Luftwechsel in Gebäuden

Der natürliche Luftwechsel oder Infiltrationsluftwechsel wird in Innenräumen maßgeblich von zwei Einflussgrößen bestimmt:

1. Winddruck

Der Winddruck an der Außenseite des Gebäudes führt zu Druckunterschieden, welche über die Leckagen der Gebäudehülle (z.B. Tür- und Fensterfugen) einen Luftaustausch bewirken. Dabei wird durch die auftreffenden Luftmassen ein Überdruck und damit ein Differenzdruck zwischen der äußeren und inneren Wandoberfläche erzeugt. Als Folge entstehen Ausgleichströmungen durch Undichtigkeiten. Je höher die Windgeschwindigkeit ist, um so größer ist der Differenzdruck und um so mehr Luft wird ausgetauscht.



- Windrichtung (Länge des Pfeils entspricht der Geschwindigkeit)
- ↻ Luftwirbel
- ▭ Gebäudehülle
- Unterdruck
- + Überdruck
- ⋯ Relative Fläche des jeweiligen Druckgebietes
- ⇨ Richtung des Luftaustausches

Abbildung 1: Druckverhältnisse an einem windangeströmten Gebäude (Draufsicht)

2. Temperaturdifferenzen /Auftrieb

Temperaturdifferenzen führen zu Druckdifferenzen und damit zu Ausgleichströmungen. Je größer diese Differenzen sind, umso größer ist auch der mögliche Luftaustausch. Bedeutsam ist dieser Effekt, da er mit der Höhe des Raumes zunimmt, besonders bei Kaminen oder Luftschächten.

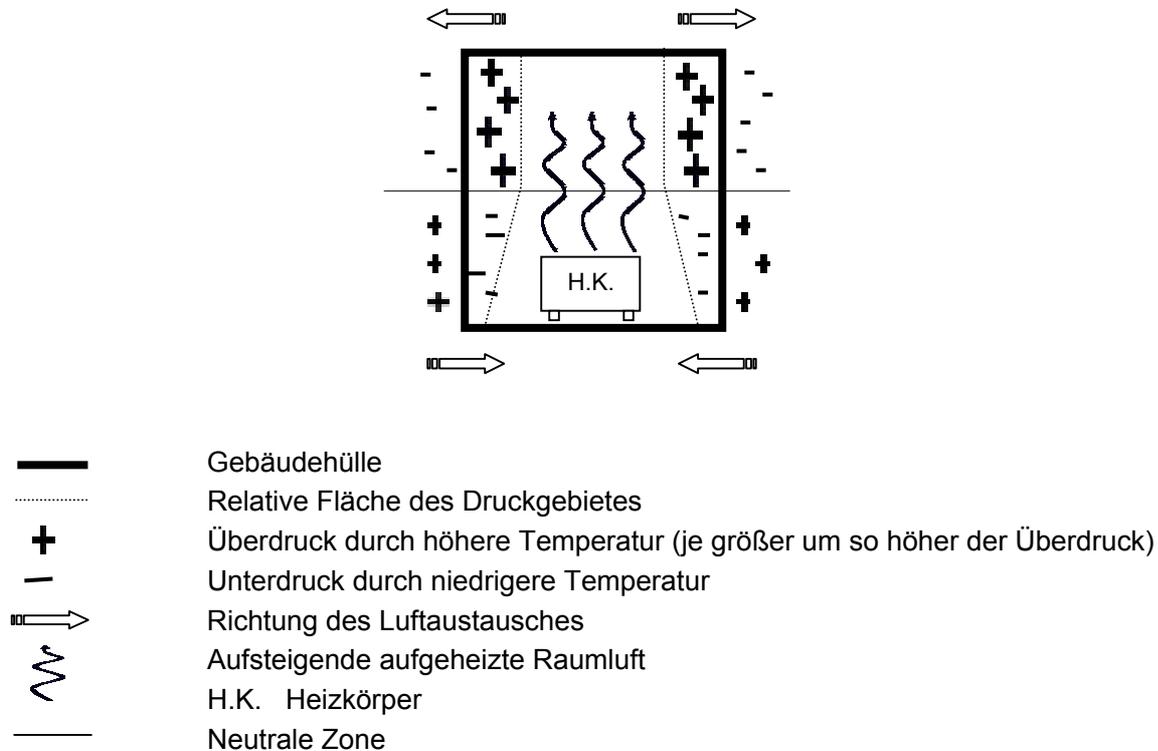


Abbildung 2: Druckverhältnisse in einem beheizten Innenraum (Seitenansicht)

Der Luftaustausch, angetrieben von den oben genannten Kräften, hängt entscheidend von der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle ab.

Luftdichtigkeit

Die Forderung nach einer luftdichten Gebäudehülle begründet sich auf folgenden Zielen:

- Vermeiden von Bauschäden
- Verbessern der Wohnqualität
- Erhöhen der Energieeffizienz

Die Wirkung von Wärmedämmung beruht auf den Lufteinschlüssen im Dämmmaterial, d.h. nicht das Material (Schafwolle, Zellulose, Kork usw.) dämmt, sondern die vielen kleinen Luftkammern, die das Material einschließt. Voraussetzung für die dämmende Wirkung dieser Lufteinschlüsse ist der Schutz vor Luftbewegung. So beruht die wärmedämmende Wirkung eines Wollpullovers auf unbewegten Lufteinschlüssen der Fasern. Sobald jedoch ein Wind bläst, lässt die Dämmwirkung nach, weil die Luft in der Dämmschicht ausgetauscht wird. Zieht man eine Windjacke darüber, ist die wärmedämmende Wirkung wieder hergestellt.

Dieses Prinzip gilt auch für die Dämmung der Gebäudehülle. Nach dem Prinzip der Windjacke sollte der Dämmstoff zum Erzielen einer ausreichenden Dämmwirkung von außen und von innen mit einer Dichtung

versehen werden. Von **Luftdichtung** spricht man für die Innenseite der Dämmung und **Winddichtung** für die äußere. Die beiden Dichtungsebenen sollen ohne Unterbrechung verlegt werden.

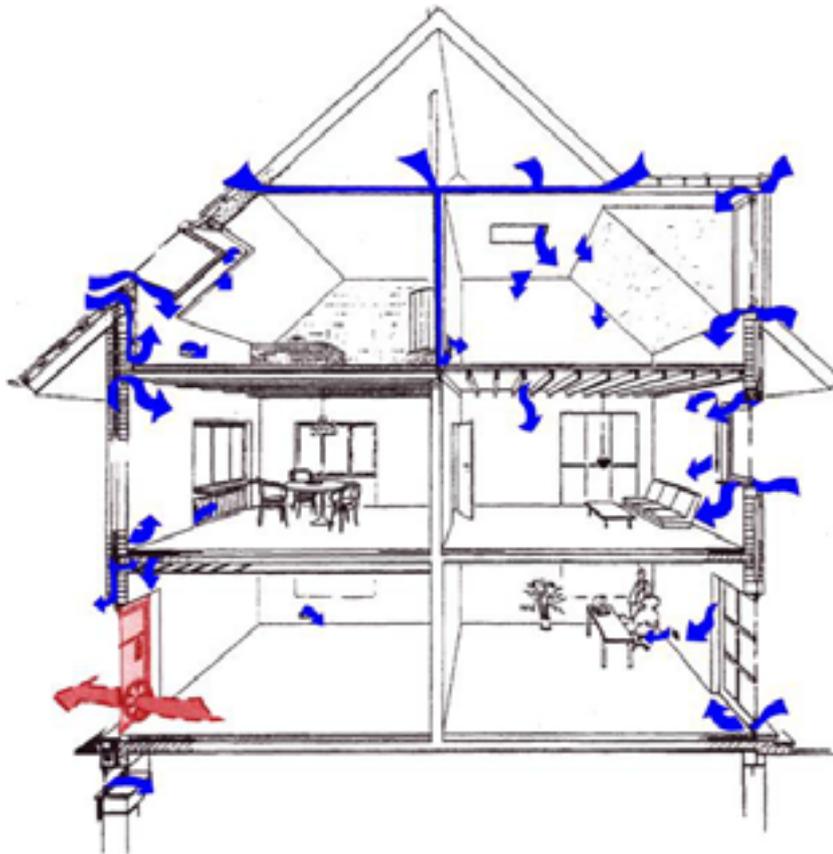


Abbildung 3: Typische Leckagen eines Gebäudes⁹

Im Jahre 2001 sind die Normen DIN 4108 Teil 7 und DIN EN 13829 erschienen, welche die Anforderungen an die Luftdichtigkeit und deren Überprüfung regeln. In der DIN 4108 Teil 7 werden die Anforderungen an die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle formuliert. Dagegen wird in der DIN EN 13829 das Messverfahren beschrieben, wobei auch die genaue Durchführung der Bestimmungsmethode geregelt wird. Letztlich soll hier auch noch die am ersten Februar 2002 in Kraft getretene **EnergieEinsparVerordnung** (EnEV) genannt werden. Diese beschreibt quantitative Gesamtanforderungen für das Gebäude sowie Einzelanforderungen für Fenster und Außenluftdurchlässe. Übereinstimmend wird in den oben genannten Normen und Verordnungen ein Luftwechsel bei einer erzeugten Druckdifferenz von 50 Pa zwischen Gebäudeinnen- und Außenseite von $n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$ für Gebäude ohne mechanische Lüftungsanlage und $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$ für Gebäude mit mechanischer Lüftungsanlage gefordert.

Blower-Door-Verfahren

Die Blower-Door-Verfahren ermöglicht die Untersuchung der Luftdurchlässigkeit von Gebäudehüllen nach dem Differenzdruckverfahren. Es wird ein Drucktest des gesamten Gebäudes oder von einzelnen Gebäudeteilen durchgeführt. Dabei wird im Innenraumbereich eine stationäre Druckdifferenz zur Umgebung aufgebaut. Mittels Gebläse, welches mit Hilfe eines verstellbaren Rahmens und eines Nylontuchs luftdicht in den Rahmen einer Außentür eingebaut wird, wird ein Volumenstrom erzeugt.



Abbildung 4: Blower-Door

Mit dem für die Aufrechterhaltung eines Druckes benötigten Luftstrom, welcher genau der Luftmenge entspricht, die durch die „Leckstellen“ der Gebäudehülle nachströmt, ist der Luftwechselkoeffizient n_{50} bestimmbar. Dabei muss der ermittelte Volumenstrom durch das Raumvolumen geteilt werden. Die Größe n_{50} gibt an, wie oft das gesamte Raumvolumen bei einer Druckdifferenz von 50 Pa in einer Stunde ausgetauscht wird.

Der Luftwechsel im Gebäude ist durch folgende Beziehung definiert:

$$n \text{ (Luftwechselkoeffizient in h}^{-1}\text{)} = \frac{V \text{ (Luftvolumenstrom in m}^3\text{/h)}}{V_R \text{ (Luftvolumen des Raumes in m}^3\text{)}}$$

Bestimmung des natürlichen Luftwechsels

Das Prinzip dieses Verfahrens beruht auf der Einbringung einer bestimmten Menge eines Tracergases, bis eine gewünschte Anfangskonzentration erreicht wird.^{5,6} Wichtig ist die gründliche Vermischung des Gases mit der Raumluft, damit die Konzentration überall im Raum gleich ist. Durch den Luftaustausch des Gebäudeteiles mit seiner Umgebung kommt es zum Konzentrationsabfall. Dieser ist in Form eines Konzentrations-Zeit-Diagramms auswertbar (siehe Abbildung 5). Die Messperiode liegt hier zwischen dem 2. und dem 7. Messwert. Danach wird wieder Tracergas zugeführt.

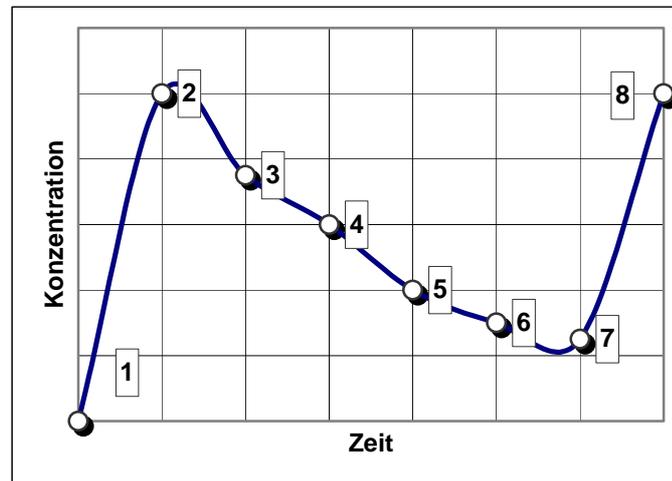


Abbildung 5: Typische Abklingkurve bei der Konzentrationsabfall-Methode⁷

Die Bestimmung des Luftwechsels ist messtechnisch aufwendig. Üblicherweise werden die Abklingkurven eines in das Gebäude eingebrachten Tracergases messtechnisch bestimmt. Üblich ist dabei die Verwendung von Schwefelhexafluorid (SF_6), da dies eine Verbindung ist, welche in der Natur nicht vorkommt. Der apparative Aufwand der messtechnischen Bestimmung ist beachtlich, da die Messtechnik zur Erfassung des Gases vor Ort mit mehreren 10.000 € zu Buche schlägt. Einfacher ist die Bestimmung über CO_2 als Tracergas. Weiterhin spricht für die Verwendung von Kohlendioxid, dass es relativ gut mittels gasanalytischer Handgeräte inklusive Datenlogger detektierbar ist. Es ist jedoch mit den Nachteilen verbunden, dass sich während der Luftwechselbestimmung keine Personen im Gebäude aufhalten dürfen, um das Ergebnis nicht zu verfälschen, und dass bei größerem Gebäudevolumina beachtliche CO_2 -Mengen benötigt werden, um eine geeignete Differenz der Kohlendioxidkonzentration zwischen Gebäude und Außenluft aufzubauen.

Auswertung der Ergebnisse aus den untersuchten Gebäuden:

Die statistische Auswertung der natürlichen Luftwechsel (Untersuchungszeitraum: Heizperiode 2003, Ein- und Mehrfamilienhäuser meist älter als 30 Jahre) zeigt:

- Der Grenzwert für die Luftdichtigkeit nach EnEV wird von 25% des Altbestandes eingehalten
- Der Mittelwert mittels Blower-Door ermittelter n_{50} -Werte liegt bei $7,4 \text{ h}^{-1}$
- In 85 % der Wohnungen ist der natürliche Luftwechsel geringer als $0,4 \text{ h}^{-1}$
- 90% der gemessenen natürlichen Luftwechselwerte lagen unter $0,5 \text{ h}^{-1}$
- 50% der gemessenen natürlichen Luftwechselwerte lagen unter $0,18 \text{ h}^{-1}$
- In 20 % der Wohnungen liegt der natürliche Luftwechsel unter $0,1 \text{ h}^{-1}$
- Der Mittelwert der gemessenen natürlichen Luftwechselwerte liegt bei $0,26 \text{ h}^{-1}$.

Graphische Auswertung

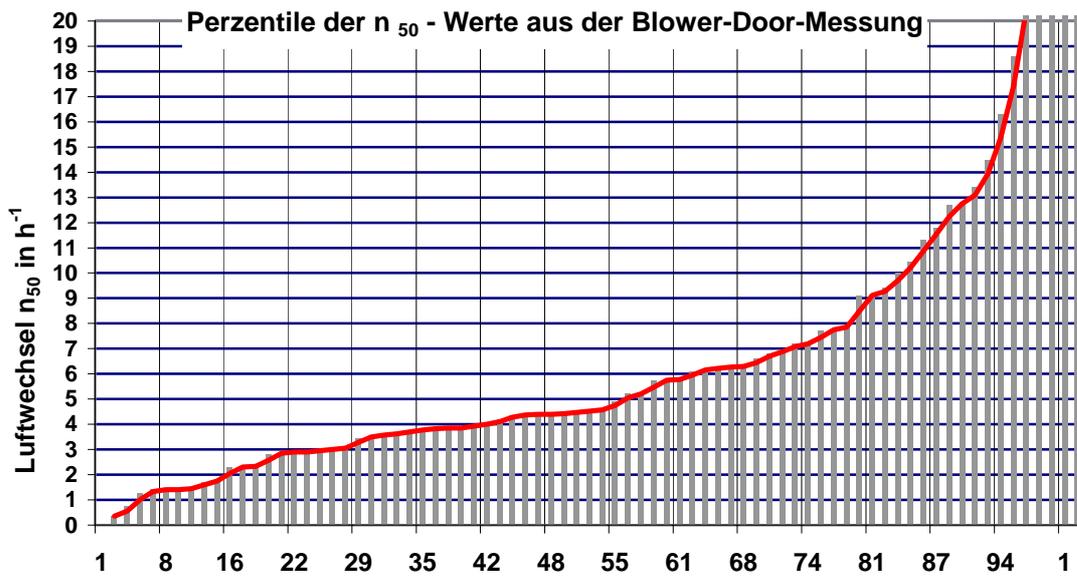


Abbildung 6: Ergebnisse der Blower-Door-Messungen bei einer Druckdifferenz von 50 Pa

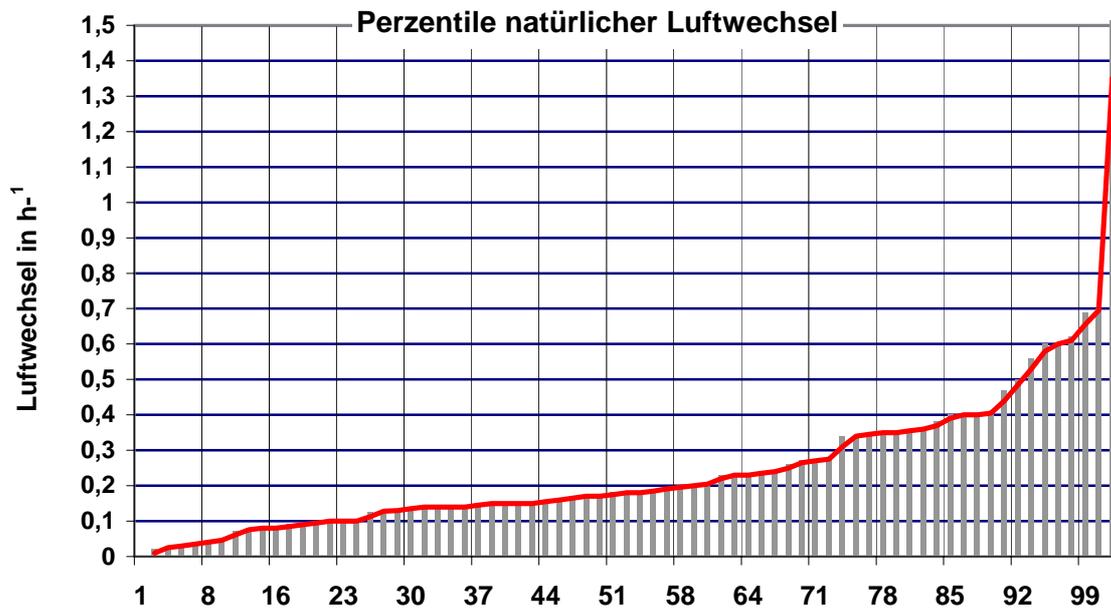


Abbildung 7: Auswertung des natürlichen Luftwechsels im Gebäudebestand

Ergebnisse

Welcher Luftwechsel aus innenraumhygienischen Gründen notwendig ist, wird in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben. Die Angaben schwanken zwischen $0,3 \text{ h}^{-1}$ und $1,3 \text{ h}^{-1}$. Diese Spannweite ist sicherlich auch mit den unterschiedlichen Gesichtspunkten zu erklären, mit denen diese Luftwechsel begründet wurden. Die DIN 1946-6 z.B. gibt für den gesamten Wohnbereich den notwendigen Luftwechsel mit $0,5 \text{ h}^{-1}$ an.

Um die Ergebnisse der vorgestellten natürlichen Luftwechselraten interpretieren zu können, sind Angaben zum notwendigen Mindestluftwechsel jedoch notwendig.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau wurden von der TU Dresden Untersuchungen zur Bestimmung des notwendigen Mindestluftwechsels⁸ durchgeführt. Die errechneten und im folgenden dargestellten Mindestluftwechsel orientieren sich an dem Luftwechsel, welcher notwendig ist, um unter ungünstigen Bedingungen Schimmelbildung in Wohnräumen zu vermeiden. Dabei wurde für die Wachstumsbedingungen von Schimmelpilzen folgende Annahme getroffen: 12 Stunden am Tag muss eine Wasseraktivität (a_w -Wert) der Wandoberfläche von 0,8 erreicht werden.

Die in dieser Studie berechneten Mindestluftwechselraten gelten für „normale“ Nutzungsverhältnisse. Sie können jedoch nicht eingesetzt werden, wenn z. B. in den Wohnräumen Wäsche getrocknet wird. Aus innenraumhygienischen Aspekten (Kohlendioxidkonzentration) oder um Schadstoffe im Innenraum zu reduzieren, sind in der Regel höhere Mindestluftwechsel notwendig.

Die Mindestluftwechsel werden angegeben für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser, Neubau und Altbau, aufgeteilt für einzelne Räume.

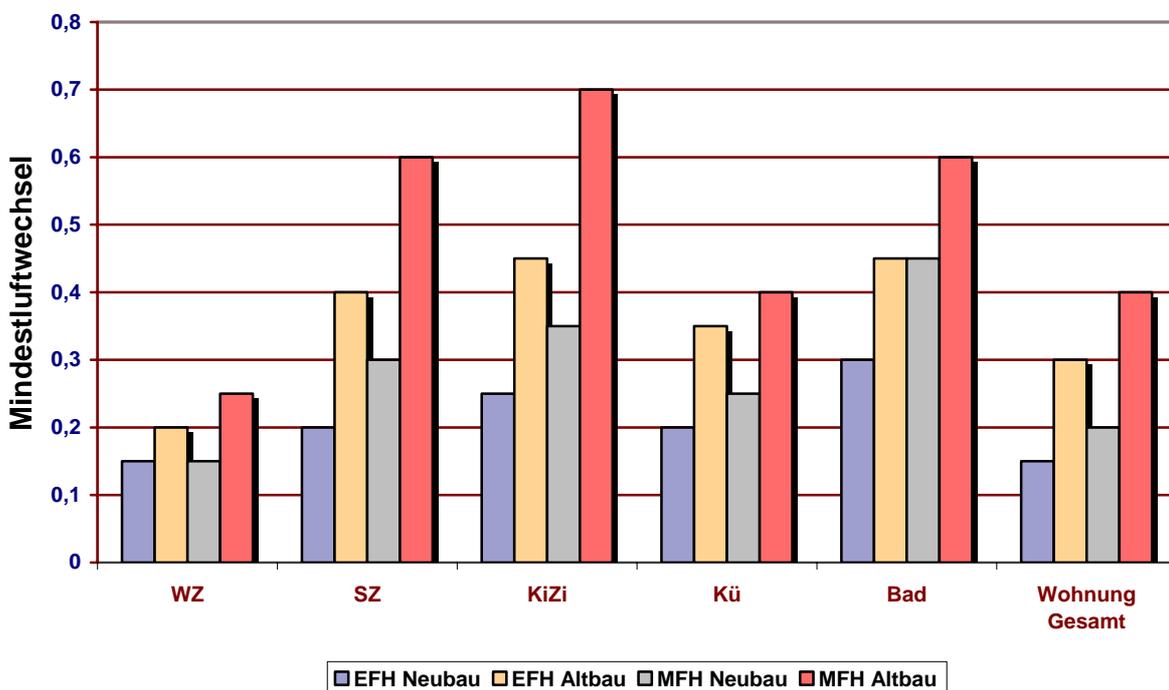


Abbildung 8: Angaben zum Mindestluftwechsel⁸

Vergleicht man die Luftwechselraten der untersuchten Wohnungen (AnBUS-Studie⁴) mit dem von der TU Dresden angesetzten Mindestluftwechsel, erreichen 15 % der Wohnungen diese Anforderung, auch ohne weitere Fensterlüftung durch die Nutzer.

Bei 85% der Wohnungen besteht jedoch ohne weitere Lüftungsmaßnahmen die Gefahr von Schimmelpilzbildung. Es ist also für rund 70 % der Wohnungen im Altbaubestand notwendig, sich Gedanken über Lüftungsstrategien zu machen. Entscheidend für eine richtige Lüftungsstrategie ist jedoch, welchen tatsächlichen Einfluss die Fensterlüftung auf den effektiven Luftaustausch hat.

Einfluss der Fensterlüftung auf den Luftwechsel

Im Rahmen der AnBUS-Studie wurden experimentell in alltäglichen Situationen Luftwechselraten für Fensterlüftungen bestimmt.

Situation	Raum	Witterung	Luftwechsel h ⁻¹
Kippstellung	Schlafzimmer	-3 ° C / windstill	1,2 h ⁻¹
Stoßlüftung	Schlafzimmer	-5 ° C / windstill	8,8 h ⁻¹

Anhand folgender Gleichung kann der Anteil des Luftwechsels der Fensterlüftung über den Tag ermittelt werden:

$$n_{\text{Gesamt}} = \frac{(n_{\text{nat}} \cdot t_{\text{nat}}) + (n_{\text{bei Lüftung}} \cdot t_{\text{Lüftung}})}{t_{\text{nat}} + t_{\text{Lüftung}}}$$

Anhand dieser Daten ist es möglich, verschiedene Szenarien beispielhaft zu betrachten:

Es folgen die Tabellen der möglichen Luftwechselzahlen bei unterschiedlichen Szenarien der Fensterlüftung. Ziel ist das Erreichen eines notwendigen Mindestluftwechsels von 0,6 h⁻¹ für ein Schlafzimmer in einem Mehrfamilienhaus mit unzureichender Wärmedämmung

1. Szenario: Stoßlüftung eines Fensters im Schlafzimmer, Stoßlüftung jeweils 5 min:

Natürlicher Luftwechsel	Luftwechsel der Stoßlüftung	Anzahl der Lüftungen am Tag	Gesamter Luftwechsel im Schlafzimmer
0,3	8,8	2	0,36
0,3	8,8	3	0,39
0,3	8,8	4	0,42
0,3	8,8	5	0,45
0,3	8,8	6	0,48
0,3	8,8	7	0,51
0,3	8,8	8	0,54
0,3	8,8	9	0,58
0,3	8,8	10	0,61

2. Szenario: Stoßlüftung eines Fensters im Schlafzimmer, Stoßlüftung jeweils 12 min:

Natürlicher Luftwechsel	Luftwechsel der Stoßlüftung	Anzahl der Lüftungen am Tag	Gesamter Luftwechsel im Schlafzimmer
0,3	8,8	2	0,45
0,3	8,8	3	0,52
0,3	8,8	4	0,59
0,3	8,8	5	0,67
0,3	8,8	6	0,74

3. Szenario: Kippstellung eines Fensters im Schlafzimmer, Lüftungsdauer jeweils 12 min:

Natürlicher Luftwechsel	Luftwechsel der Stoßlüftung	Anzahl der Lüftungen am Tag	Gesamter Luftwechsel im Schlafzimmer
0,3	1,2	2	0,32
0,3	1,2	3	0,33
0,3	1,2	4	0,34
0,3	1,2	5	0,35
0,3	1,2	6	0,36
0,3	1,2	7	0,37
0,3	1,2	8	0,38
0,3	1,2	9	0,39
0,3	1,2	10	0,40
0,3	1,2	11	0,41

4. Szenario: Kippstellung eines Fensters im Schlafzimmer, Lüftungsdauer jeweils 24 min:

Natürlicher Luftwechsel	Luftwechsel der Stoßlüftung	Anzahl der Lüftungen am Tag	Gesamter Luftwechsel im Schlafzimmer
0,3	1,2	2	0,34
0,3	1,2	3	0,36
0,3	1,2	4	0,38
0,3	1,2	5	0,40
0,3	1,2	6	0,42
0,3	1,2	7	0,44
0,3	1,2	8	0,46
0,3	1,2	9	0,48
0,3	1,2	10	0,50
0,3	1,2	11	0,52

Einfluss der Fensterlüftung auf den Feuchtigkeitshaushalt

Für ein MFH im Winter ergeben sich nach einem Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Raumordnung und Städtebau⁸ für ein Schlafzimmer bei einer Raumtemperatur von 16 °C folgende notwendige Dauern für die Fensterlüftung:

Anzahl der Stoßlüftungen	Lüftungsdauer		resultierender Luftwechsel
6 * 7,8 min	= 47 min	⇒	n = 0,59 h ⁻¹
4 * 12 min	= 48 min	⇒	n = 0,60 h ⁻¹
2 * 31 min	= 62 min	⇒	n = 0,74 h ⁻¹
morgens, 1 * 68 min	= 68 min	⇒	n = 0,80 h ⁻¹
morgens, 1 * 95 min	= 95 min	⇒	n = 1,08 h ⁻¹
abends, 1 * 185 min	= 185 min	⇒	n = 2,01 h ⁻¹

Aus dieser Darstellung ist erkennbar, dass ein häufigeres Lüften pro Tag zu einer kürzeren Gesamtlüftungsdauer führt.

Der Einfluss der Nutzergewohnheit auf den Feuchtigkeitshaushalt wird besonders deutlich, wenn nur einmal am Tag stoßgelüftet wird. Auffällig ist dabei die Abhängigkeit vom Lüftungszeitpunkt. Während Fensterlüftung am Morgen noch zu akzeptablen Ergebnissen bezüglich der Feuchtigkeitsabfuhr führt, verdoppelt sich die Öffnungsdauer bei abendlicher Lüftung, will man den gleichen Effekt zu erzielen. Dies beruht auf dem Pufferungseffekt der in einem Wohnraum vorhandenen großen Oberflächen (Sorptionsverhalten der Oberflächen). Die Oberflächen geben die gespeicherte Feuchtigkeit an die frische trockene Luft ab, der Feuchtegehalt der Raumluft wird dadurch ausgeglichen.

Verdeutlichen soll diesen Effekt die Darstellung der nachfolgenden Raumklimaaufzeichnung eines Schlafzimmers im Altbaubestand:

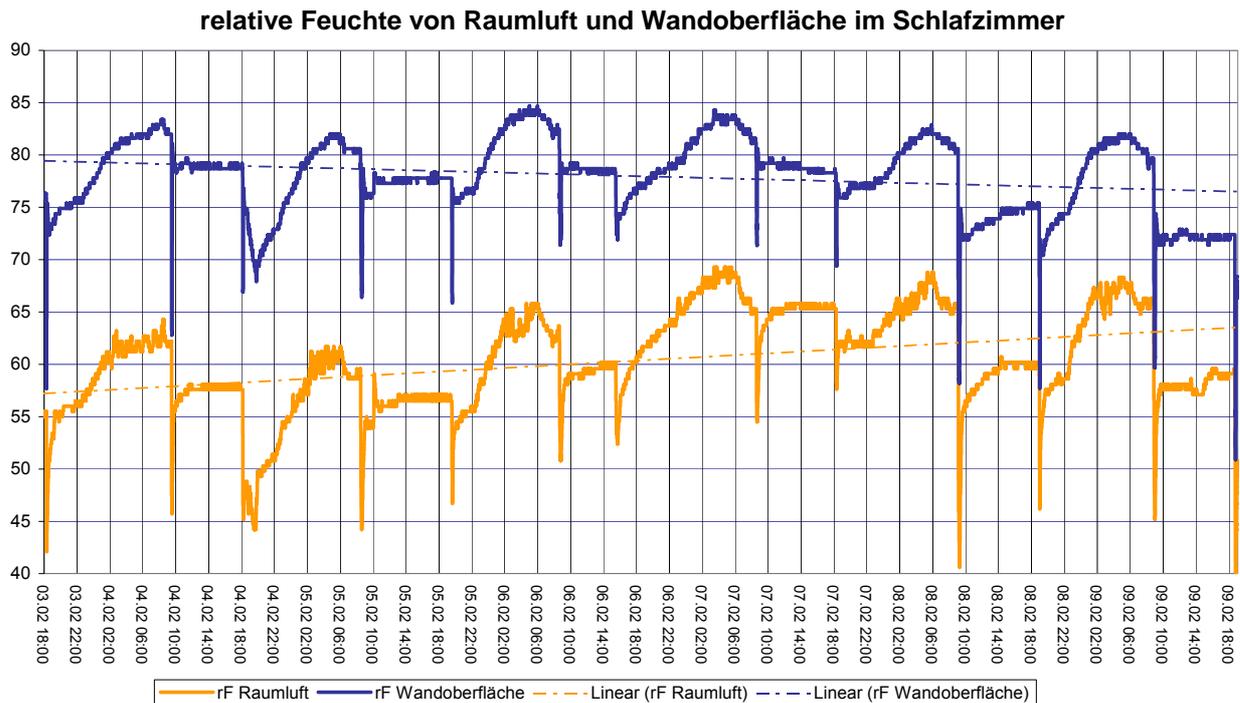


Abbildung 9: Raumklimaaufzeichnung der relativen Luftfeuchte mit Fensterlüftung im Vergleich zur Feuchte der Wandoberfläche

Die Daten der relativen Feuchtigkeit an der Wandoberfläche und der Raumluft beschreiben den Feuchteverlauf bei einer typischen Fensterlüftung. Nach dem Lüftungsvorgang (deutlich am Einbruch der Feuchtigkeit zu erkennen) steigt die Feuchtigkeit schnell wieder auf eine für das Gebäude typische Ausgleichsfeuchte an. Dieser schnelle Wiederanstieg ist durch die Pufferwirkung der Oberflächen zu erklären. Deren Feuchtigkeitsgehalt steht im Gleichgewicht mit dem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft. Bei erhöhter Luftfeuchtigkeit wird die Feuchte von den Oberflächenmaterialien aufgenommen, bei erniedrigter Luftfeuchtigkeit wird sie wieder bis zum erneuten Einstellen des Gleichgewichtes abgegeben (Puffereffekt). Die gebäudespezifische Höhe der Ausgleichsfeuchte resultiert aus dem Verhältnis der Quellfeuchtigkeit (Eintrag von Feuchtigkeit durch Nutzung und Bausubstanz) zum Raumvolumen und dem durchschnittlichen Luftwechsel der letzten Stunden.

Bei der Fensterlüftung von Wohnräumen ist außerdem zu beachten:

Ein Austausch der feuchten Raumluft gegen kalte Außenluft ist nur dann sinnvoll, wenn diese anschließend auch erwärmt wird. Bei einer hypothetisch angenommen einmaligen Lüftung über mehr als eine Stunde müssten die Raumtemperaturen über den gesamten Lüftungszeitraum gehalten werden, ansonsten kann der austrocknende Effekt der trockeneren Außenluft nicht wirken, und es kommt zu einem gegenteiligen Effekt: die Umgebungsflächen kühlen aus und Kondensat fällt an.

Auch wenn theoretisch mit einer zweimaligen, langen Stoßlüftung der notwendige Luftwechsel zum Abtransport der Feuchte für einen Tageszyklus erreicht werden könnte, ist diese Art der Lüftung ungeeignet, da baubiologisch relevante Schadstoffe sich in den Pausen zwischen den Lüftungen zu stark anreichern. So wird z. B. in einem durchschnittlichen Schlafzimmer mit zwei Personen und einem typischen Luftwechsel von $0,2 \text{ h}^{-1}$ die Pettenkoferzahl von 1000 ppm CO_2 bereits nach einer Stunde erreicht.

Sind die Lüftungszeiten zu kurz, so ist der Luftaustausch nicht vollständig, und die Feuchtigkeitsaufnahme der sich wieder erwärmenden Raumluft nicht optimal.

Eine Alternative stellen ein oder mehrere Fenster in Dauer-Kippstellung dar. Jedoch müsste die Heizleistung ausreichend sein, um ein Abkühlen der Wandoberflächen zu verhindern.

Wird nur ein Raum mittels Fenster gelüftet, muss beachtet werden, dass es zu Überstromeffekten von feuchter Luft in andere Wohnräume kommen kann. Wird z.B. das Wohnzimmer mittels Kippstellung der Fenster gelüftet und das Schlafzimmer befindet sich in der windabgewandten Seite der Gebäudehülle, strömt warme und feuchte Luft in das Schlafzimmer.

Aufgrund der genannten Erkenntnisse zur notwendigen Lüftungsfrequenz und den möglichen Fehlern beim Lüften durch die Nutzer ist fraglich, ob in Etagenwohnungen in Altbauten mit ungenügender Wärmedämmung, jedoch mit neuen Fenstern, der erforderliche Mindestluftwechsel über Fensterlüftung erreicht werden kann.

Unsere Europäischen Nachbarn sind da anscheinend ein gutes Stück weiter. In Frankreich existieren verbindliche Richtlinien für die Wohnungslüftung bereits seit 1996. Die Vorschriften haben zu einer fast vollständigen Verbreitung von mechanischen Wohnungslüftungen gesorgt. In Schweden sind für den Neubau von Mehrfamilienhäusern mechanische Lüftungsanlagen gesetzlich vorgeschrieben. In Finnland werden in der Baunorm Mindestluftwechsel festgeschrieben: Für Schlafzimmer 1 h^{-1} und für Wohnräume $0,7 \text{ h}^{-1}$. In Dänemark wird pauschal für den gesamten Wohnraum ein Mindestluftwechsel von $0,5 \text{ h}^{-1}$ gefordert.

Fazit

Mit Fensterlüftung ist ein notwendiger Mindestluftwechsel zur Vermeidung von Schimmelpilzbefall nicht in jeder Wohnung zu gewährleisten. Fensterlüftungen als Stoßlüftung eignen sich jedoch gut zum Ablüften von kurzzeitigen Feuchtigkeitslasten, wie sie durch z. B. Kochen, Duschen oder Waschen entstehen.

Die Erstellung eines Lüftungskonzeptes zur Vermeidung von Schimmelpilzbefall, ohne Kenntnis des vorliegenden natürlichen Luftwechsels, halten wir für riskant. Wichtige Erkenntnisse über den natürlichen Luftwechsel lassen sich nach den Ergebnissen unseres Forschungsprojektes aus einem Blower-Door-Test ziehen.⁴

Literatur

- ¹ Clausnitzer: Zur Notwendigkeit der Überprüfung und Reinigung von Lüftungsanlagen in Wohngebäuden. Studie des Bremer Energie-Institutes, Januar 1997.
 - ² Erhorn: „Schäden durch Schimmelpilzschäden im modernisiertem Mietwohnungsbau“, in: Bauphysik 5/88, S. 129-134
 - ³ Heinz: (Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V.): Schornsteinfegerhandwerk, 9/98, S. 24-37
 - ⁴ Weithaas, T.: Bestimmung des natürlichen Luftwechsels im Altbaubestand anhand von Blower-Door-Messungen, Korrelation zwischen dem mittels Blower-Door gemessenen Luftwechsel bei 50 Pa n_{50} und dem mittels Tracergas-Messungen ermittelten „natürlichen“ Luftwechsel, Diplomarbeit an der TH Freiberg, in Vorbereitung AnBUS e.V. 2003
 - ⁵ VDI 4300: Bestimmung von Luftwechselzahlen in Innenräumen.
 - ⁶ Laussmann, D. u. Braun P.: „Luftwechselbestimmung mittels CO₂“, in: Umwelt, Gebäude & Gesundheit, Hrsg. Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springer-Eltdagsen 2001.
 - ⁷ Reinhold J. (1985/86): Aufbau und praktischer Einsatz einer Luftwechsel-Messapparatur nach der Tracergasmethode. Diplomarbeit, Fachhochschule Stuttgart.
 - ⁸ Richter, Hartmann, Kremonke, Reichel (TU Dresden): Gewährleistung einer guten Raumlufthqualität bei weiterer Senkung der Lüftungsverluste; Ressortforschungsvorhaben RS III 4-6741-97.118 des Bundesministeriums für Raumordnung und Städtebau
 - ⁹ Peter Schmidt, Energiedepesche 1995
-