

Studie zum Lüften im Wohnungsbau

Hintergründe – Regelungen - Beispiele



architekten- und
stadtplanerkammer
hessen



Architektenkammer
Nordrhein-Westfalen



Die vorliegende Unterlage wurde nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Da Fehler jedoch nie auszuschließen sind, kann keine Gewähr für Vollständigkeit und Richtigkeit der Angaben übernommen werden. Insbesondere die Fortschreibung technischer Bestimmungen, Normen kann zu Unterschieden gegenüber der vorliegenden Unterlage führen.

Grundlage für reale Projekte müssen ausschließlich eigene Planungen und Berechnungen gemäß den jeweils geltenden rechtlichen Bestimmungen (z.B. technische Normen, sonstige anzuwendende Regeln) sein. Eine Haftung der Verfasser dieser Unterlage für unsachgemäße, unvollständige oder falsche Angaben und aller daraus entstehenden Schäden wird grundsätzlich ausgeschlossen.

Das Urheberrecht liegt ausschließlich bei den Autoren, die der Abbildungen im technischen Teil bei den Autoren Stefan Horschler und Oliver Solcher, im rechtlichen Teil bei der Autorin Elke Schmitz. Eine Weiterverwendung der Unterlagen oder Teile der Unterlagen z.B. als Seminarunterlage oder Kopiervorlage für z.B. Fortbildungsveranstaltungen ist nicht gestattet!

Dipl.-Ing. Architekt Stefan Horschler, Dipl.-Ing. (FH) Oliver Solcher, RA Elke Schmitz
Hannover – Berlin – Bremen, Mai 2021

Vorwort

Anlass der Studie:

Die Fragen, welche Lüftungssysteme bzw. welches Lüftungsverhalten – insbesondere hinsichtlich der Vermeidung von Schimmel – die/das richtige ist, beschäftigt Gerichte aller Instanzen in einer Vielzahl von Fällen. Zudem besteht eine stetige Kontroverse, ob die *DIN 1946-6 „Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung“*, die ausschließlich hinsichtlich der Grundversorgung auf Einrichtungen der technischen Gebäudeausrüstung zur kontrollierten Lüftung ausgelegt ist, als anerkannte Regel der Technik anzusehen ist. Es ist damit erheblich erschwert, Gebäude ausschließlich mit freier Lüftung über Fenster (Fensterlüftung) zu konzipieren.

Auftraggeber der Studie:

Aus dem Netzwerk Normung und der „Impulse für den Wohnungsbau“, einem Verbändenetzwerk, an dem mehr als 25 bundesweit tätige Verbände der Bau-, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft beteiligt sind, soll eine Positionierung zur Wohnraumlüftung erfolgen.

Ziel des Projektes:

Gemeinsames Ziel ist es, die Rahmenbedingungen für den Wohnungsbau politisch zu verbessern und praxisgerecht zu gestalten. Es soll im Rahmen des Verbändebündnisses – zusammen mit den Kammern – in Form einer Studie eine Entscheidungshilfe für Planer, Bauherr/Eigentümer und Bauausführende sowie eines hieraus abgeleiteten Merkblattes verbunden mit einer gemeinsamen Positionierung von Kammern/Verbänden der Planer, Bau- und Immobilienwirtschaft entwickelt und herausgegeben werden.

Ziele im Einzelnen:

- Auflösung des Dissens zwischen Fensterlüftung und „apparativer Lüftung“¹,
- Stärkung der Entscheidungsfähigkeit der Beteiligten,
- und somit für eine klarere Rechtsposition zu sorgen.

Die Studie verfolgt das Ziel, das Thema Lüften im Wohnungsbau anhand verbindlicher gesetzlicher Anforderungen einerseits und möglicher Nachweissysteme andererseits zu erläutern und damit soll erreicht werden, die öffentliche Meinung und Üblichkeit zu prägen. Sie besteht aus einem technischen Abschnitt A und einem juristischen Abschnitt B.

Für die am Planungs- und Bauprozess Beteiligten wird eine Handreichung erarbeitet. Diese dient dazu, den jeweiligen Aufgabenstellungen souverän begegnen zu können und stellt somit eine sachorientierte Arbeitshilfe zur Lösung anstehender Aufgaben dar. Mit der Studie werden die möglichen Planungswerzeuge beleuchtet und deren Wahlfreiheit herausgearbeitet.

Auch wenn die DIN 1946-6 „Lüftung von Wohnungen“ angewendet wird, heißt es auch dort: Zitat: „*Mit geeigneten ingenieurmäßigen Methoden können andere Verfahren im Rahmen der planerischen Verantwortung verwendet werden.*“ Unabhängig hiervon soll deutlich werden, dass Fensterlüftung schon immer möglich war und ein wesentlicher, mitunter sogar bestimmender Bestandteil aller Lüftungssysteme sein kann.

Anhand von Beispielen werden die einzelnen Möglichkeiten für das Lüften von Wohnungen nachvollziehbar aufgezeigt und rechnerisch nachgewiesen. Hierbei ist die Lüftung über Fenster als eine mögliche Lüftungsoption dargestellt, genauso wie eine apparativ ergänzte Lüftung. Aus der Studie wird im Anschluss ein kurz gefasstes Merkblatt abgeleitet.

¹ Apparative Lüftung: Ventilatorgestützte Lüftung (mechanische Lüftung) und freie Lüftung über Luftdurchlässe (Quer- bzw. Schachtlüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe sowie Abluftdurchlässe)

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für Anregungen und Korrekturen des wissenschaftlichen Begleitkreises. Der wissenschaftliche Begleitkreis setzte sich zusammen aus:

Dipl.-Ing. Christine Buddenbohm und Dipl.-Ing. Dieter Kuhlenkamp, (ZDB)

Dipl.-Ing. Architekt Martin Kusic, (BAK)

M. Sc. Friedrich Lutz Schulte, (HEA)

Dr. Ing. Ingrid Vogler, (GDW)

RA Hans-Ulrich Niepmann, Verbandsanwalt des BFW

Prof. Clemens Westermann, (BInGK)

Dipl.-Ing. Architekt Matthias Wohlfahrt, (proKlima - Der energycity-Fonds)

Ferner gilt der Dank den beiden Mitarbeitern des Büros für Bauphysik für die Durchführung von Berechnungen und der Programmierung einiger Rechenhilfen:

B. Eng. Peter Buschbacher und B. Eng. Moritz Radwan

sowie für die Durchsicht und Ergänzung des *Abschnittes 2.4. Schallschutzaspekte*

Professor Dipl.-Ing. Rainer Pohlenz

Besonderer Dank gilt Frau Dipl.-Ing. Architektin Barbara Schlesinger, ohne die das Projekt nicht entstanden wäre, die wesentliche Impulse geliefert und die Koordination des Projektes übernommen hatte.

Abstract

Ausgehend von den unterschiedlichen Anlässen für das Lüften sowie den gesetzlichen Anforderungen zum Lüften, beschreibt die vorliegende Studie Konsequenzen für die Auslegung. Dabei werden verschiedene zur Verfügung stehende Bemessungsalgorithmen anhand von konkreten Berechnungsbeispielen zu Grunde gelegt.

Aus den gesetzlichen Vorschriften resultieren folgende Anlässe:

- Hygiene
- Feuchteschutz
- Entspeicherung von Bauteilen, d.h. die Abgabe von in den Bauteilschichten gespeicherter Wärme im Sommer
- Zufuhr von Sauerstoff

Folgende Systeme werden beispielhaft behandelt:

- Fenster
- Fenster + ALD
- Fenster + Entlüftungssystem bei fensterlosen Bädern, Küchen und Toiletten
- Abluftsystem + Fenster
- Zuluft-/ Abluftsystem (zentral oder dezentral) + Fenster

Anhand dieser Berechnungsbeispiele werden die Vor- und Nachteile der Systeme diskutiert. Ziel dieser Gegenüberstellung ist es, die vielfältigen Möglichkeiten zu erläutern, damit ein Planer den Besteller / Auftraggeber entscheidungsfähig machen kann.

Da zur Gewährleistung des notwendigen Luftaustauschs sämtliche vorgenannten Lüftungssysteme zur Anwendung kommen können, bedarf es einer Einzelfallwürdigung. Um diese zu erleichtern, werden die Kriterien abschließen in einer Checkliste zusammengefasst. Hierbei wurden weitergehende Aspekte, wie z.B. Lebenszyklusbewertungen oder Ökobilanzierungen (Energieaufwand bei der Herstellung, dem Recycling usw.) nicht berücksichtigt.

Wesentlich bei der Auswahl des Lüftungssystems ist es, mit dem Besteller die Anforderungen, die eine Lüftung erfüllen soll, unter Beachtung gesetzlicher Regelungen festzulegen. Dazu gilt es über die Vor- und Nachteile der zur Verfügung stehenden Lüftungssysteme zu informieren und näher zu erläutern (Eigenschaften, Folgen und Risiken des jeweiligen Lüftungssystems benennen), um auf diese Weise den Besteller entscheidungsfähig zu machen.

Inhaltsverzeichnis

Abschnitt A: Technischer Teil

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Einleitung: Motivation für die Studie | 9 |
| 2 | Grundlagen zum Lüften..... | 10 |
| 2.1 | Einleitung | 10 |
| 2.2 | Was ist eine gesundheitliche (hygienische) Lüftung? | 10 |
| 2.2.1 | Hygiene..... | 10 |
| 2.2.2 | Kohlendioxid | 11 |
| 2.2.3 | Geruchs- und weitere Schadstoffe..... | 14 |
| 2.2.4 | VOC und SVOC | 14 |
| 2.2.5 | Mikrobiologisch erzeugte flüchtige organische Verbindungen (MVOC) | 15 |
| 2.2.6 | Radon | 15 |
| 2.2.7 | Viren und Aerosole, SARS-CoV-2 | 16 |
| 2.2.8 | Feuchtigkeit..... | 17 |
| 2.2.9 | Konsequenzen für die Lüftung | 27 |
| 2.3 | Welche Bedeutung hat der Luftwechsel aus energetischer Sicht? | 29 |
| 2.3.1 | Lüftungswärmebedarfsberechnung..... | 29 |
| 2.3.2 | Energiebedarf versus Energieverbrauch..... | 33 |
| 2.3.3 | Kosten-Nutzen-Beispiel..... | 34 |
| 2.4 | Schallschutzaspekte | 36 |
| 3 | Technische Regeln oder Bestimmungen | 39 |
| 3.1 | Lüftungskonzept – Was ist das? | 39 |
| 3.2 | Verordnungen, Normen und Regeln zum Lüften..... | 41 |
| 3.2.1 | LBO/MBO, VVTB | 41 |
| 3.2.2 | Bauaufsichtliche Richtlinie für fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten | 42 |
| 3.2.3 | DIN 18017-3 Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren..... | 42 |
| 3.2.4 | DIN 4108-2: 2013-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz | 42 |
| 3.2.5 | Gebäudeenergiegesetz..... | 43 |
| 3.2.6 | Verbrennungsluftversorgung nach FeuVO und DVGW-TRGI..... | 43 |
| 3.3 | Außenluftvolumenstrom über Infiltration..... | 44 |
| 3.4 | Konsequenzen für die Lüftung aus den Verordnungen, Normen und Regeln..... | 47 |
| 4 | Mindestluftwechsel zum Bautenschutz | 48 |
| 4.1 | Was ist unter einem Mindestluftwechsel zum Bautenschutz zu verstehen? .. | 48 |
| 4.2 | Mindestluftwechsel zur Sicherstellung des sommerlichen Wärmeschutzes .. | 52 |
| 5 | Mögliche Nachweiswege für Luftvolumenströme | 55 |
| 5.1 | DIN EN 15242..... | 55 |
| 5.2 | DIN EN 16798..... | 56 |
| 5.3 | DIN EN 16798-1..... | 56 |
| 5.4 | DIN EN 16798-7..... | 56 |
| 5.5 | DIN / TS 4108-8 | 57 |
| 5.6 | DIN 1946-6..... | 61 |
| 5.7 | Passivhaus Projektierungspaket | 61 |
| 6 | Berechnungsbeispiele..... | 63 |
| 6.1 | Vorbemerkung | 63 |
| 6.2 | Beispiel Lüftung über Fenster | 63 |
| 6.2.1 | Grundsätzliche Funktion | 63 |
| 6.2.2 | Randbedingungen..... | 63 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.2.3 | 1. Schritt: Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms | 65 |
| 6.2.4 | 2. Schritt: Ermittlung des vorhandenen Volumenstroms | 68 |
| 6.2.5 | 3. Schritt: Vergleich: erforderlicher zu vorhandenem Volumenstrom und Ableitung der Lüftungsdauer in Abhängigkeit vom Fensteröffnungsmaß..... | 70 |
| 6.2.6 | 4. Schritt: Einfluss der Feuchteaufnahme und Feuchteabgabe (Ad- und Desorption) der inneren Raumumschließungsflächen im Hinblick auf die Lüftungsfrequenz..... | 73 |
| 6.2.7 | Gesundheitlich notwendige Lüftung..... | 76 |
| 6.2.8 | 5. Schritt: Erläuterung des Lüftungskonzeptes | 79 |
| 6.2.9 | Eigenschaften der Lüftung über Fenster..... | 83 |
| 6.3 | Beispiel: Fensterlüftung + freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) | 84 |
| 6.3.1 | Außenbauteil-Luftdurchlässe ALD | 84 |
| 6.3.2 | Grundsätzliche Funktion | 86 |
| 6.3.3 | Randbedingungen | 86 |
| 6.3.4 | Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms | 87 |
| 6.3.5 | Ermittlung des mittleren wirksamen Differenzdrucks | 90 |
| 6.3.6 | Ergebnisse der Auslegung..... | 91 |
| 6.3.7 | Gesundheitlich notwendige Lüftung..... | 91 |
| 6.3.8 | Erläuterung des Lüftungskonzeptes freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) | 97 |
| 6.3.9 | Eigenschaften..... | 98 |
| 6.4 | Beispiel: Fensterlüftung + Unterstützung durch ein Entlüftungssystem im fensterlosen Bad..... | 99 |
| 6.4.1 | Grundsätzliche Funktion | 99 |
| 6.4.2 | Randbedingungen | 100 |
| 6.4.3 | Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms | 101 |
| 6.4.4 | Ermittlung des mittleren wirksamen Differenzdrucks | 105 |
| 6.4.5 | Ergebnisse der Auslegung..... | 105 |
| 6.4.6 | Gesundheitlich notwendige Lüftung..... | 106 |
| 6.4.7 | Erläuterung des Lüftungskonzeptes Freie Querlüftung mit Unterstützung durch ein Entlüftungssystem im fensterlosen Bad und Fensterlüftung | 106 |
| 6.4.8 | Eigenschaften Entlüftungssystem nach DIN 18017-3..... | 107 |
| 6.4.9 | Eigenschaften der Schachtlüftung | 108 |
| 6.5 | Beispiel: Ventilatorgestützte Lüftung – Zu-/Abluftsystem + Fensterlüftung .. | 109 |
| 6.5.1 | Grundsätzliche Funktion ventilatorgestützte Lüftung | 109 |
| 6.5.2 | Randbedingungen | 110 |
| 6.5.3 | Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms | 112 |
| 6.5.4 | Ergebnisse der Auslegung..... | 115 |
| 6.5.5 | Erläuterung des Lüftungskonzeptes Ventilatorgestützte Lüftung – Zu-/Abluftsystem | 117 |
| 6.5.6 | Eigenschaften des Abluftsystems | 118 |
| 6.5.7 | Eigenschaften des Zu-/Abluftsystems, zentral | 119 |
| 6.5.8 | Eigenschaften des Zu-/Abluftsystems, dezentral | 120 |
| 6.5.9 | Eigenschaften des Zu-/Abluftsystems, dezentral, paarweise arbeitend..... | 121 |
| 7 | Auswahl eines Lüftungssystems..... | 122 |
| 7.1 | Entscheidungsmatrix | 123 |
| 8 | Fazit..... | 126 |
| 8.1 | Grundlagen der Lüftung..... | 126 |
| 8.2 | Lüftung – Empfehlungen zur Umsetzung..... | 128 |

| | |
|---|-----|
| Abschnitt B: Juristischer Teil | 129 |
| 1 Ausgangslage und Gegenstand der rechtlichen Stellungnahme..... | 129 |
| 2 Bauvertragliche Rahmenbedingungen und haftungsrelevante Aspekte bei Erstellung von Lüftungskonzepten..... | 132 |
| 2.1 Bauordnungsrechtliche Rahmenbedingungen für die Erstellung von LK | 132 |
| 2.1.1 Technischer Sachverhalt – Regelungsinhalte mit Relevanz für die Erstellung von Lüftungskonzepten | 133 |
| 2.1.2 Aussagen zur Wohnungslüftung im Bauordnungsrecht aus Sicht des Normadressaten..... | 135 |
| 2.1.3 Vertragsrechtliche Relevanz der bauordnungsrechtlichen Regelungsinhalte ... | 136 |
| 2.1.4 Zwischenfazit: Aussagen zur Wohnungslüftung im Bauordnungsrecht | 138 |
| 2.2 Vertragspflichten bei Erstellung von Lüftungskonzepten | 140 |
| 2.2.1 Konkretisierung des Inhalts der Erfolgshaftung bei Erstellung von Lüftungskonzepten | 140 |
| 2.2.2 Die drei Stufen des Mangelbegriffs – „Rangfolge“ zur Ermittlung der Sollbeschaffenheit | 141 |
| 2.2.3 Ermittlung der Sollbeschaffenheit und Grundsätze Vertragsauslegung | 143 |
| 2.2.4 Funktionstauglichkeit..... | 144 |
| 2.2.5 Zwischenfazit: Funktionaler Mangelbegriff und Inhalt der Erfolgshaftung bei Erstellung von Lüftungskonzepten..... | 146 |
| 2.2.6 Sicherstellung der Funktionstauglichkeit - Grenze der „Entscheidungsfreiheit“ des AG | 147 |
| 2.3 Aufklärungs- und Beratungspflichten im Kontext funktionaler Leistungsverpflichtung – „Welcher Weg führt sicher zum Ziel?“..... | 149 |
| 2.3.1 Funktion von Aufklärungs- und Beratungspflichten..... | 149 |
| 2.3.2 Inhaltliche Anforderungen an Aufklärung und Beratung: Risiken und Folgen...149 | |
| 2.3.3 Anforderungen an die Darlegungs- und Beweislast..... | 151 |
| 2.3.4 Zwischenfazit: Aufklärungs- und Beratungspflichten bei Erstellung von Lüftungskonzepten – Folgen für die Vertragspraxis..... | 152 |
| 2.4 „Konkretisierung der „gewöhnlichen Verwendungseignung“ bei Erstellung von Lüftungskonzepten | 153 |
| 2.4.1 Konkretisierung der „gewöhnlichen Verwendungseignung“ durch anerkannte Regeln der Technik | 154 |
| 2.4.2 Konkretisierung aRdT durch Technische Regeln / DIN-Normen | 156 |
| 2.4.3 Zwischenfazit: Vertragsrechtliche Bedeutung Technischer Regeln/ DIN-Normen zur Konkretisierung aRdT bei Erstellung von Lüftungskonzepten – Folgen für die Vertragspraxis..... | 158 |
| 3 Folgen für das Mietrechtsverhältnis | 161 |
| 3.1 Ausgangslage: „auf den Nutzer kommt es an ...“ – Schlüsselfunktion des Nutzers für die Funktionstauglichkeit der Wohnungslüftung..... | 161 |
| 3.2 Mietvertragliche Pflichten („Wohnen + Schonen“)..... | 162 |
| 3.2.1 Obhuts- und Sorgfaltspflichten - Heizen und Lüften | 163 |
| 3.2.2 Hinweispflichten des Vermieters bei Sanierungsmaßnahmen nach Vertragsabschluss..... | 164 |
| 3.3 Nutzungsanforderungen im Lüftungskonzept und Vereinbarungsbedarfe zum vertraglichen Gebrauch | 165 |
| 3.4 Zwischenfazit: „der Kreis schließt sich“ – die Befassung mit den Nutzungsbedingungen | 167 |
| 4 Fazit und zusammenfassende Stellungnahme | 168 |
| Literatur | 171 |

Abschnitt A: Technischer Teil

1 Einleitung: Motivation für die Studie

Kaum ein Thema erhitzt die Gemüter z. Z. so heftig, wie die Frage nach dem geeigneten Lüftungskonzept bzw. Lüftungssystem. Um es gleich vorwegzunehmen: Die Antwort hierauf ist vielschichtig und kann diametral unterschiedlich ausfallen, womit deutlich wird, dass die angemessene Antwort sich nicht in ein einfaches „Richtig- oder Falschschem“ pressen lässt. Man sollte immer genau hinschauen hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Lösungsoptionen und zuhören, was der Besteller, Auftraggeber wünscht.

Die Antwort auf die Frage nach der notwendigen Lüftung bzw. nach dem zulässigen und geeigneten Lüftungssystem geht bei den Baubeteiligten oft weit auseinander. Die einen halten offbare Fenster für ausreichend, andere meinen der Bautenschutz muss nutzerunabhängig gewährleistet sein und wieder andere meinen die gesundheitlich notwendige Lüftung muss ohne Zutun der Nutzer in unseren neuen oder energetisch modernisierten Wohngebäuden ermöglicht werden. Für wiederum andere spielen die energetischen Aspekte bei der Auswahl eines Lüftungssystems eine entscheidende Rolle, zumal hieraus auch Folgen für die Heizkosten resultieren.

Für eine vermietete Wohnung kann z.B. aufgrund einer höheren Belegung und der unwägbaren Nutzung ein anderes Lüftungssystem empfehlenswert sein als in einem eigenverantwortlich genutzten Einfamilienhaus. Ein Wohnungsbauunternehmen kann die Entscheidung gegen ein Lüftungssystem aus wirtschaftlichen Gründen treffen, eine Bauherrenge meinschaft hat u.U. die Nutzerunabhängigkeit im Fokus.

Oft hört man in diesem Zusammenhang, dass Nutzer nicht in der Lage sind, einen ausreichenden Luftwechsel über das Öffnen der Fenster sicherzustellen. Gebäude seien nun so dicht, dass auf jeden Fall eine nutzerunabhängige Lüftung vorzusehen sei.

Mit dieser Studie sollen die vorgenannten Sichtweisen mit einer differenzierten Auseinandersetzung zum Thema Wohnungslüftung hinterfragt werden. Dabei wird sowohl auf die bauordnungsrechtlichen als auch die normativen Anforderungen eingegangen. Die unterschiedlichen Möglichkeiten der Nachweisführung werden aufgezeigt.

Sieht man von der Lüftung fensterloser Räume ab, besteht in Deutschland kein bauordnungsrechtlicher oder baurechtlicher Zwang zu nutzerunabhängigen Wohnungslüftungssystemen. Die Entscheidung, welches Lüftungssystem eingesetzt wird, trifft der Besteller / Auftraggeber, und zwar nachdem die am Planungs- und Bauprozess Beteiligten ihn aufgeklärt haben.

2 Grundlagen zum Lüften

2.1 Einleitung

Lüften im Kontext der nachfolgenden Ausführungen wird als bestimmungsgemäßer Austausch zwischen Innen- und Außenluft aus den unterschiedlichen Anlässen heraus verstanden. Hierbei soll „verbrauchte Luft“ mit „frischer Luft“ ausgetauscht werden, wobei frische Luft ganz unterschiedlich wahrgenommen wird. Oft wird schon allein kalte Außenluft als frische Luft wahrgenommen und der Kältereziz als wesentliches Kriterium für einen erfolgreichen Luftwechsel (= Volumenstrom in m^3/h / austauschfähiges Luftvolumen m^3) interpretiert.

Aus physiologischer / medizinischer Sicht ist Lüften in Räumen eine unabdingbare Notwendigkeit; das Maß hierfür hängt von der volumenbezogenen Freisetzung von Schadstoffen wie z.B. Kohlendioxid (CO_2), flüchtige organische Verbindungen (VOC) sowie der Zufuhr von Sauerstoff ab. In Toilettenräumen und ggf. auch Bädern steht die Abfuhr von Geruchsstoffen im Vordergrund.

Aus bauphysikalischer Sicht ergibt sich die Notwendigkeit zur Abfuhr von einerseits nutzungsbedingter Feuchtigkeit und andererseits nutzungsunabhängiger Feuchte, z.B. sogenannter Neubaufeuchte.

Im Falle hoher innerer Wärmelasten kann ein erhöhter (Nacht-)Luftwechsel im Zusammenhang mit dem sommerlichen Wärmeschutz eine sehr wirkungsvolle Möglichkeit darstellen, behagliche Innentemperaturen sicherzustellen, indem Wärmelasten am Tage erwärmer Luft und Bauteilschichten durch den erhöhten Luftwechsel von innen nach außen abgeführt werden.

Ein weiterer wichtiger Anlass für einen Luftaustausch kann die Zufuhr von Verbrennungsluft sein, da ein raumluftabhängiger Wärmeerzeuger wie eine Gasterme oder ein Kamin für Verbrennungsprozesse auf den Sauerstoff in der Luft angewiesen ist.

Nachfolgend soll auf die heute bekannten Anlässe für einen Luftaustausch näher eingegangen werden.

2.2 Was ist eine gesundheitliche (hygienische) Lüftung?

2.2.1 Hygiene

„Hygiene ist definiert als die vorbeugende Medizin, d.h. die Gesamtheit aller Bestrebungen und Maßnahmen zur Verhütung von Krankheiten und Gesundheitsschäden ..., besonders hinsichtlich der durch das Zusammenleben der Menschen (Infektionskrankheiten und Epidemien) ... entstehenden bzw. drohenden Erkrankungen.“ [1]

„Raumluftqualität: Die Raumluftqualität umfasst alle nichtthermischen Wirkungen der Raumluft, die Einfluss auf das Wohlbefinden und Gesundheit des Menschen haben.“ [2]

Ein hygienisch induzierter Luftwechsel ist somit auf die Aufrechterhaltung der Gesundheit der Bewohner und die Abfuhr von gesundheitlich beeinträchtigenden Inhaltsstoffen auszurichten. Das bedeutet, dass die an die Raumluft emittierten Schadstoffe s.o. abgeführt werden müssen.

Wichtig hierbei ist, dass durch Auswahl der Baustoffe und Fügetechniken hierauf Einfluss genommen werden kann, aber auch der Nutzer, z.B. durch die Möblierung. Wichtig ist zudem, dass der Nutzer selbst durch eine angemessene Reinigung der Böden und Oberflächen auf die Abfuhr von Staub und Verunreinigungen Einfluss nehmen kann. Mit der Reinigung kann u.U. allerdings wiederum eine Zufuhr von Geruchsstoffen aus den Reinigungsmitteln verbunden sein.

Die Abgrenzung des hygienisch induzierten Luftwechsels zu demjenigen aus feuchteschutztechnischer Sicht ist mitunter „fließend“, da ein zu geringer Luftwechsel zur Abfuhr von Feuchtigkeit Schimmelwachstum begünstigen und somit für ggf. vorerkrankte Personen wiederum auch ein hygienisches Risiko beinhalten kann.

Der hygienische Mindestluftwechsel berücksichtigt sämtliche gesundheitliche Aspekte des Lüftens wie sie im Folgenden aufgelistet werden, während sich der Mindestluftwechsel zum Bautenschutz des *Abschnitts 4* allein an der Schimmelpilzvermeidung orientiert.

Für den ausreichenden hygienischen Mindestluftwechsel lassen sich keine allgemein gültigen Angaben machen, denn er hängt ab von:

- Anzahl der anwesenden Bewohner,
- Qualität der Außenluft,
- Schadstoffemissionen in die Raumluft,
- Erwartungen der Bewohner an die Qualität der Innenraumluft.

2.2.2 Kohlendioxid

Eine wesentliche Aufgabe der Lüftung stellt neben der notwendigen Zufuhr von Sauerstoff die Abfuhr von CO₂ dar. Denn bevor der Sauerstoffgehalt in der Raumluft kritisch wird, macht der gestiegene CO₂-Gehalt einen Aufenthalt im Raum unter Umständen unerträglich.

| Gas | Raumluft (Anteile in %) | Ausatmungsluft (Anteile in %) |
|-------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Sauerstoff | 21 | 17 |
| Kohlenstoffdioxid | 0,03 | 4 |
| Stickstoff | 78 | 78 |
| Edelgase | 1 | 1 |

Tabelle 1: Veränderung der Zusammensetzung der Innenluft durch Atemluft [3]

Kohlendioxid entsteht in den Körperzellen des Menschen und wird als Stoffwechselprodukt bei der Ausatmung an die Umgebung abgegeben. Erhöhte CO₂-Konzentrationen in der Einatmungsluft erhöhen die Atemfrequenz. Die CO₂-Abgabe ist vor allem von der Körperaktivität, der Körpergröße und -masse abhängig. Bei starker körperlicher Anstrengung wird etwa fünfmal mehr CO₂ abgegeben im Vergleich zum Ruhezustand [4].

Abgeleitet aus einer CO₂-Abgabe einer Person in schlafendem Zustand von rund 10 l/h, ergibt sich für einen abgeschlossenen 50 m³ großen Raum ohne Luftaustausch nach außen oder zu einem benachbarten Raum, bei einer Belegung von zwei Personen für acht Stunden, eine Konzentration von rund 3.200 ppm CO₂. Je größer der Raum oder Raumverbund desto kleiner die spezifische Konzentration bei gleichem Belastungsgrad.

Die CO₂-Konzentration im Raum ist somit abhängig von:

- der volumenbezogenen Emission von CO₂ durch Menschen,
- der Anzahl der Menschen im betreffenden Raum,
- der Aktivität der Menschen und die Dauer der Nutzung,
- ggf. zusätzlich raumluftabhängigen Verbrennungsvorgängen im Innenraum,
- dem Luftaustausch zwischen innen und außen.

| Quelle | Wert in Liter pro Stunde und Person | Aktivitätsgrad |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Recknagel, Sprenger, Schramek, 1999 | 20 | leichte, vorwiegend sitzende Tätigkeit |
| DIN EN 15665:2009-07 | 10 | schlafend |
| | 16 | wach |
| | 15 - 20 | sitzende Tätigkeit |
| VDI 4300 Blatt 9 2003 | 20 - 40 | leichte Arbeit |
| | 40 - 70 | mittelschwere Arbeit |

Tabelle 2: CO₂ - Abgabe von Menschen pro Stunde in Litern nach verschiedenen Literaturquellen. [4], [5], [6]

Die Zunahme von CO₂ im Raum kann beim Menschen individuell unterschiedliche Reaktionen hervorrufen. Eine Zunahme von CO₂ im Raum führt zu einer Erhöhung der Atemfrequenz und hiermit wiederum zu einer weiteren Erhöhung der CO₂-Konzentration. Je nach persönlichem Gesundheitszustand und Sensibilität können bei hohen Konzentrationen neben Müdigkeit, mangelnde Konzentrationsfähigkeit weitere gesundheitliche Folgen, wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Hustenreiz auftreten.

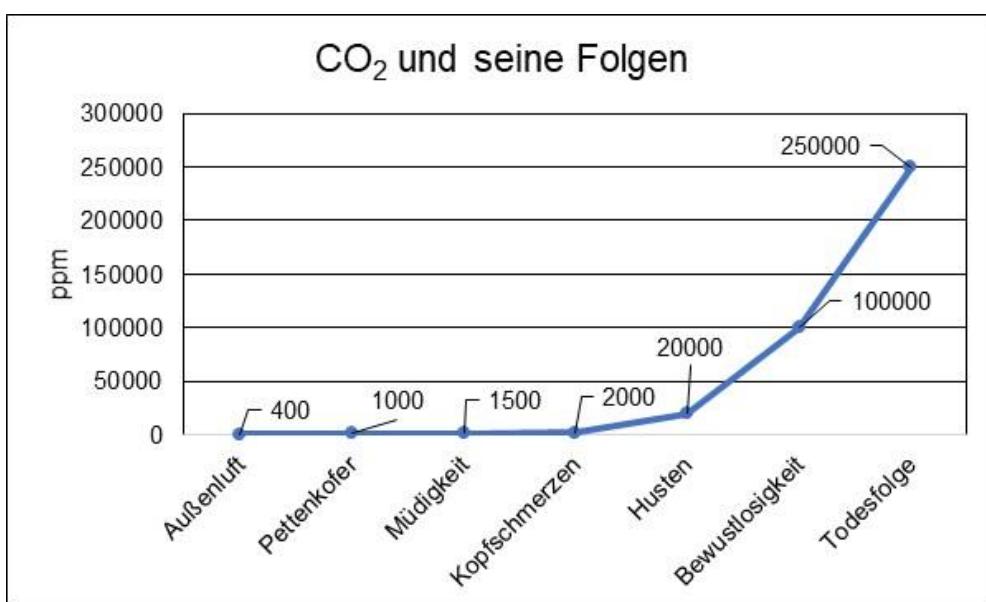


Abbildung 1: CO₂-Konzentration in ppm und deren Folgen: aus unterschiedlichen Literaturquellen

Die seit 2008 [7] in Deutschland geltenden Leitwerte für Kohlendioxidkonzentrationen in der Innenraumluft unterscheiden zwischen:

- bis 1.000 ppm „hygienisch unbedenklich“,
- bis 2.000 ppm „hygienisch auffällig“ und
- ab 2.000 ppm „hygienisch inakzeptabel“.

CO₂ kann ein messbarer Indikator für eine Lüftung sein.

Aus Messungen des CO₂-Gehalts in einem Schlafzimmer wird deutlich, dass der CO₂-Gehalt im Verlauf der Nacht bei einer Belegung mit zwei Personen, bei verschlossenen Fenstern Werte deutlich über 2.000 ppm annehmen kann (Abbildung 2 und Abbildung 4). Wird jedoch die Tür zum angrenzenden Wohnraum über Nacht geöffnet, steigt im Beispielfall der CO₂-Gehalt im Verlauf der Nacht nur auf maximal 1.200 ppm an (Abbildung 3).

Die Reduzierung des CO₂-Gehalts erfolgt bei nicht gelüftetem Raum sehr langsam (Abbildung 2). Wird tagsüber die Tür zum Wohnraum geöffnet, erfolgt die Reduktion deutlich schneller (Abbildung 4). Am schnellsten gelingt die Reduktion, wenn nach dem Aufstehen über das geöffnete Fenster gelüftet wird (Abbildung 3).

Ein nach den Randbedingungen der DIN 1946-6 ausgelegter Außenbauteilluftdurchlass eines feuchtegeregelten Abluftsystems kann den CO₂-Gehalt in diesem Schlafzimmer nachts deutlich unter 2.000 ppm halten. Zu den Randbedingungen siehe das Beispiel zur ventilatorgestützten Lüftung in *Abschnitt 6.5.5*.

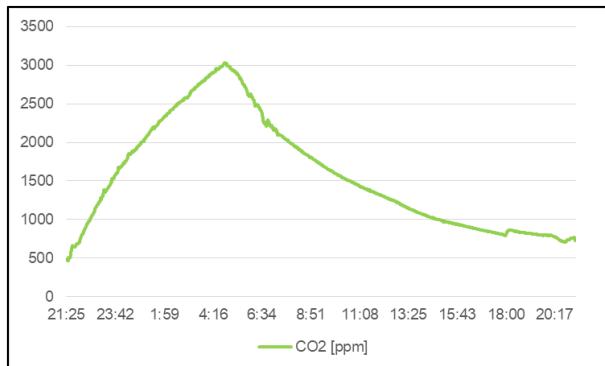


Abbildung 2: Gemessene CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer mit 50 m³ Rauminhalt und 2 Personenbeliegung bei ganztägiger verschlossener Tür vom 9.9. bis 10.9.2020

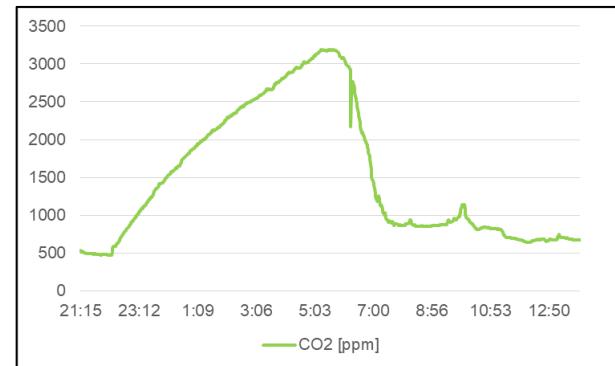


Abbildung 4: Gemessene CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer mit 50 m³ Rauminhalt und 2 Personenbeliegung bei nur nächtlich verschlossener Tür vom 9.9. bis 10.9.2020

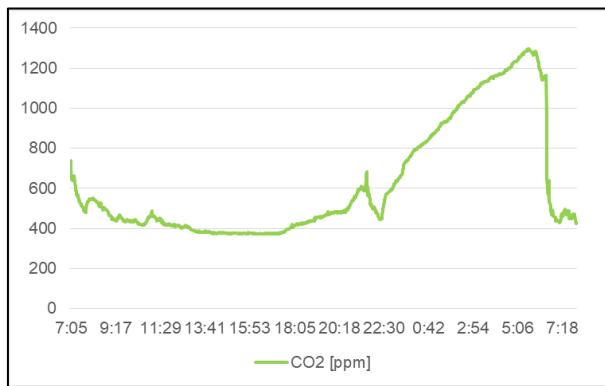


Abbildung 3: Gemessene CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer mit 50 m³ Rauminhalt und 2 Personenbeliegung bei nächtlich geöffneter Tür zum angrenzenden Wohnraum mit ca. 280 m³ Rauminhalt und morgendlichem Fensteröffnen vom 21.9. bis 22.9.2020

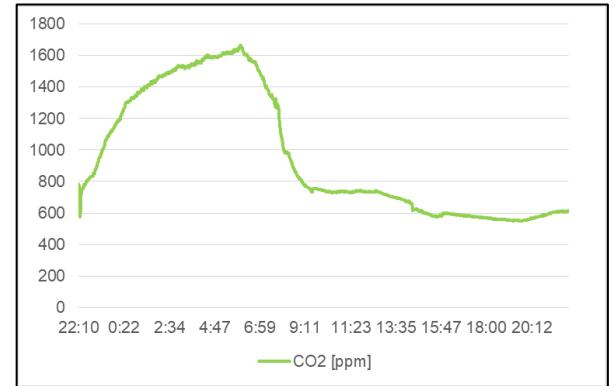


Abbildung 5: Gemessene CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer mit 50 m³ Rauminhalt und 2 Personenbeliegung mit feuchtegeregeltem Abluftsystem nach DIN 1946-6 vom 7.10. bis 8.10.2020

Es bestehen unterschiedliche Strategien, wie CO₂ aus dem Innenraum abgeführt werden kann. Die in den *Abbildungen 2 bis 5* dargestellten Messergebnisse einerseits und die Beispielberechnungen in *Abschnitt 6.2* und *6.3* andererseits zeigen, dass sowohl kontinuierliche Lüftung über Fenster oder ALDs genauso wirksam sind wie auch eine konzentrierte Stoßlüftung bei Ankopplung aller Räume der Wohnung.

2.2.3 Geruchs- und weitere Schadstoffe

Während CO₂ mess- und bestimmbar ist und somit als Planungsgröße herangezogen werden kann, gibt es eine Vielzahl von weiteren Einflussgrößen, die direkt nicht ohne weiteres gemessen oder bestimmt werden können. Da die CO₂-Konzentration wesentlich auch von der Aufenthaltsdauer abhängig ist, treten hiermit verbunden auch andere Luftverunreinigungen, insbesondere Geruchsstoffe z.B. aus Ausdünstungen auf. Da diese aber nicht messbar sind, treten sie oftmals in den Hintergrund, obwohl sie möglicherweise die Hygiene der Raumluft wesentlich beeinträchtigen können.

Zugleich können für Menschen mit Vorerkrankungen, wie z.B. Pollen-, Hausstaub- oder Tierhaar-Allergien, Wechselwirkungen zu natürlichen Emissionsquellen auftreten. Nach Erhebungen des Deutschen Allergien- und Asthmabundes [8] kennt man heute über 20.000 Auslöser für Allergien. Die konkreten Ursachen der hierdurch hervorgerufenen körperlichen Beschwerden reichen von Pollenflug über Hausstaubmilben bis hin zu kleinen Mikroorganismen und auch Viren, wie SARS-Covid-19. Sieht man einmal von Verunreinigungen und Hausstaubmilben ab, haben diese Auslöser im engeren Sinne nichts mit der räumlichen Situation im Besonderen zu tun, da sie auch im Außenraum den hiervon Betroffenen beanspruchen.

2.2.4 VOC und SVOC

Volatile Organic Compounds (VOC= flüchtige organische Verbindungen)

„Die Atemluft ist mittlerweile fast überall mehr oder weniger stark mit Lösemitteln belastet. Man spricht daher von einer „Grundbelastung der Atemluft“, die einerseits durch Auto- und Industrieabgase sowie andererseits durch im Bau-, Ausstattungs-, Reinigungs- oder Hobbybereich verwendete Materialien hervorgerufen wird.“ [9]

Höhere VOC-Konzentrationen führen schon nach kurzer Zeit zu Geruchsempfindungen oder Reizungen der Augen sowie der Schleimhaut von Nase und Rachen oder zu Kopfschmerzen, Schwindelgefühl und Müdigkeit. Bei geringen VOC-Konzentrationen ist die Einschätzung des gesundheitlichen Risikos schwierig. Meistens ist eine Zuordnung von Beschwerden zu bestimmten chemischen Verbindungen nicht möglich [10].

Mögliche Quellen von VOC in der Raumluft [9], [11]:

- Farben und Lacke, auch Naturharzlacke
- Verdünner, Pinselreiniger
- Bodenbelagskleber
- Fugendichtstoffe
- pastöse kunstharzgebundene Fertigputze
- Abbeizer
- Versiegelung von Holzböden
- Holz- und Holzwerkstoffplatten
- Möbel (Lacke und Kleber)
- chemischen Textilreinigungen (Perchloroethylen)
- Reinigungsmittel
- frisch gedruckte Zeitung und Zeitschriften



Abbildung 5: VOC-Eintrag in die Raumluft durch Duftstoffe

SVOC - schwer flüchtige organische Verbindungen

Mit schwer flüchtigen organischen Verbindungen wird oft das Phänomen Fogging in Zusammenhang gebracht, das z.B. nach größeren Renovierungen auftreten kann. Der Schwarzstaub-Effekt zeigt sich nach der Renovierung typischerweise erst in der einsetzenden Heizperiode, wenn aufgrund der kälteren Außentemperaturen weniger gelüftet wird. Verantwortlich dafür sind die nur langsam austretenden, schwer flüchtigen Verbindungen.

So verdunsten z.B. manche Glykolverbindungen aus gestrichenen Oberflächen nur extrem langsam und können über Jahre hinweg ausgasen und die Raumluft belasten. Die Geruchsbelästigung durch Lösemitteldämpfe nimmt jedoch schon kurze Zeit nach dem Verstreichen ab, sodass dies für die Bewohner nicht wahrgenommen wird.

Mögliche Quellen von SVOC in der Raumluft [9], [11]:

- Teppichböden
- Vinyltapete
- Kunststoffoberflächen von Möbeln
- Wasserlacke
- Bodenbelagskleber
- Wand- und Deckenfarbe
- Latexfarbe

2.2.5 Mikrobiologisch erzeugte flüchtige organische Verbindungen (MVOC)

„Mikroorganismen wie Schimmelsporen und Bakterien finden sich in Innenräumen auf jeder Oberfläche. Für ihr Wachstum und die Vermehrung benötigen sie Nährstoffe und Feuchtigkeit. Nährstoffe sind in den meisten Materialien, die zum Bau, zur Dekoration und zur Einrichtung von Wohnungen und Häusern verwendet werden, reichlich vorhanden.“ [9]

Mögliche Quellen von MVOC in der Raumluft können sein:

- Schimmelpilzbefall
- Fäulnisbakterien in Abwasserleitungen

2.2.6 Radon

Radon ist ein natürlich vorkommendes, gasförmiges und radioaktives, chemisches Element. Es entsteht als Produkt in den Zerfallsreihen von Uran und Thorium. Diese Elemente befinden sich in kleinsten Mengen im Erdreich und bestimmen mit ihrem Vorkommen die Radonkonzentration im Boden. Durch Diffusion und vor allem Konvektion gelangt das radioaktive Edelgas aus dem Erdreich in die Atmosphäre. In nicht abgedichteten Kellern und Erdgeschossen kann sich Radon-Gas sammeln und ggf. die Gesundheit der Bewohner beeinträchtigen.

Da in allen Steinen und Erden Radium vorkommt, entsteht Radon in den mineralischen Baustoffen als Zerfallsprodukt von Radium laufend neu. Es wird aus den Oberflächen freigesetzt und trägt zur Radonkonzentration in Räumen bei. Allerdings ist die Menge des freigesetzten Radons in der Regel gegenüber der aus dem Erdreich eingetragenen Radons klein.

Durch radondichte Baukonstruktionen und Bauelemente bei Neubauten und durch Abdichtungsmaßnahmen bei Sanierungen, z.B. Abdichten von Leitungsführungen aus dem Baugrund oder Abdichtung von Verbindungstüren gegen radonbelastete Räume, kann das Eindringen von Radon und seine Ausbreitung innerhalb des Gebäudes verhindert werden.

Als Grenzwert in Aufenthaltsräumen für eine hohe Konzentration von Radon in Innenräumen ist im Strahlenschutzgesetz ein Wert von 300 Becquerel pro Kubikmeter festgelegt.

Wird dieser sogenannte Referenzwert überschritten, sollten Maßnahmen ergriffen werden, um die Radonkonzentration im Gebäude zu senken.

Der Luftaustausch im Gebäude reduziert ebenfalls die Radonbelastung der Raumluft. Dabei ist auf die Druckverhältnisse im Gebäude zu achten. Durch Unterdruck wird der Radonintrag durch Leckagen zum Erdreich noch verstärkt. Auch bei der Anwendung von Zu-/Abluftsystemen mit Erdreichwärmeübertragern im saugenden Betrieb muss darauf geachtet werden, dass kein Bodenradon in die Häuser eingetragen wird.

Weitere Informationen liefert der Normentwurf E DIN/TS 18117-1 [12].

2.2.7 Viren und Aerosole, SARS-CoV-2

Aktuell werden in Zusammenhang mit dem sogenannten Corona-Virus geeignete Lüftungsmaßnahmen diskutiert. Grundsätzlich gilt:

Regelmäßiges Lüften dient der Hygiene und fördert die Luftqualität, da in geschlossenen Räumen die Anzahl von Krankheitserregern in der Raumluft steigen kann. Durch Lüften wird die Zahl möglicherweise in der Luft vorhandenererregerhaltiger, feinster Tröpfchen reduziert.

Die Bundesregierung hat im September 2020 eine aktuelle Empfehlung zum Infektionsschutzgerechten Lüften herausgegeben [13], die sich zwar eher auf Arbeitsstätten bezieht, deren Informationen und Empfehlungen aber auch bei der Lüftung im Wohnungsbau genutzt werden können. Folgende Punkte sollen herausgestellt werden:

- Ein konsequentes, intensives und regelmäßiges freies Lüften über Fenster und Türen ist notwendig.
- RLT- Anlagen sollen nicht im Umluftbetrieb betrieben werden.
- Bei Umluftanlagen wird der Einbau hochabscheidender bzw. zusätzlicher Filter bzw. zusätzlicher Desinfektionsstufen empfohlen.

Es wird empfohlen, die schon bekannte infektionsrisikomindernde Vorgehensweise AHA (Abstand, Hygiene, Alltagsmasken) um ein + L zu erweitern, um das nötige Lüften deutlich zu machen. Denn je kleiner die Frischluftmenge, desto höher die luftgetragene Virenlast (Aerosole) und desto geringer sollte die Expositionzeit/ Aufenthaltsdauer in geschlossenen Räumen sein.

Zur notwendigen Lüftung in Arbeitsstätten wird auf die Arbeitsstättenrichtlinie ASR A3.6 [14] verwiesen, darin werden zum Lüften folgende Angaben gemacht:

- Bei einer CO₂-Konzentration von mehr als 1.000 ppm sollen Lüftungsmaßnahmen eingeleitet werden, deshalb wird ein CO₂-Monitoring empfohlen.
- Werden die Räume nicht über eine RLT-Anlage gelüftet, ist in regelmäßigen Abständen eine Stoßlüftung durchzuführen:
 - In einem Büraum nach 60 Minuten
 - In einem Besprechungsraum nach 20 Minuten
- Die Stoßlüftung ist an die Jahreszeit anzupassen:
 - Sommer: bis zu 10 Minuten (unter Berücksichtigung der Außentemperatur)
 - Frühling/Herbst: 5 Minuten
 - Winter: 3 Minuten

| System | Maximal zulässige Raumtiefe bezogen auf die lichte Raumhöhe (h) in m | Öffnungsfläche zur Sicherstellung des Mindestluftwechsels | |
|---|--|--|--|
| | | für kontinuierliche Lüftung [m ² /anwesende Person] | für Stoßlüftung [m ² /10m ² Grundfläche] |
| I einseitige Lüftung | Raumtiefe = 2,5 x h (bei h > 4 m: max. Raumtiefe = 10 m) | 0,35 | 1,05 |
| | angenommene Luftgeschwindigkeit im Querschnitt = 0,08 m/s | | |
| II Querlüftung | Raumtiefe = 5,0 x h (bei h > 4 m: max. Raumtiefe = 20 m) | 0,20 | 0,60 |
| | angenommene Luftgeschwindigkeit im Querschnitt = 0,14 m/s | | |
| Die angegebenen Öffnungsflächen sind die Summe aus Zuluft- und Abluftflächen. | | | |

Tabelle 3: Mindestöffnungsfläche für kontinuierliche Lüftung und für Stoßlüftung [14]

Die Arbeitsstättenrichtlinie ASR A3.6 gilt für Arbeitsstätten und nicht für die Lüftung von Wohngebäuden. Gleichwohl können die Hinweise auch bei der Lüftung von Wohnungen angewendet werden, da sich die CO₂-Grenzwerte der ASR A3.6 mit den Empfehlungen des Umweltbundesamtes für die Innenluft von Wohngebäuden decken [7]. Anders als bei einer Arbeitsstätte hat es der Nutzer im Wohngebäude jedoch selbst in der Hand, die CO₂-Konzentration individuell zu steuern oder diese Aufgabe wird durch eine apparative Lüftung übernommen.

Wenn eine hohe Belegungsdichte in Gebäudeinnenräumen nicht vermieden werden kann, empfiehlt die Bundesregierung, insbesondere bei mit Fenstern gelüfteten Räumen, die Nutzung von CO₂-Messgeräten, damit rechtzeitig notwendige Lüftungsmaßnahmen erkannt und eingeleitet werden können.

2.2.8 Feuchtigkeit

Im Hinblick auf die Feuchtefreisetzung in Innenräumen müssen zwei Ursachengruppen differenziert werden. Quellen sind:

- die nutzerbedingte Feuchtequellen aus Lebens- und Wohnprozessen (Atmen, Transpiration, Duschen, Wäschetrocknung, Kochen usw.),
- die nutzerunabhängigen Feuchtequellen aus den klimatischen Einflüssen während des Bauens und dem Wasseranteil für die Herstellung und Verarbeitung von Baustoffen wie Innenputzen, Estrichen und Betonen oder auch auf Grund von Bauschäden.

Tabelle 3 zeigt nutzerbedingte Feuchtequellen sowie deren angenommenen Feuchteabgaben nach der aktuellen Überarbeitung des DIN-Fachberichts 4108-8 (DIN / TS 4108-8) [15].



Abbildung 6: Feuchteeintrag durch Kochprozesse

| Feuchtequellen | | Feuchteabgabe |
|------------------------|---|-------------------|
| Mensch | überwiegend nicht aktiv oder leichte Aktivität, pro Person | 50 g/h |
| Pflanzen | Mittelwert für verschiedene Zimmerpflanzen je Pflanze (~ Gießwassermenge) | 2 g/h |
| Küche | Kochen | 700 bis 1.000 g/h |
| | Geschirrspüler (Geschirr abgekühlt) pro Spülvorgang | 100 g |
| | Spülen unter fließendem Wasser (50 °C) | 300 g/h |
| Bad | Spülen im Spülbecken (50 °C) | 140 g/h |
| | 20 Minuten Wannenbad | ~ 233 g |
| | 5 Minuten Duschen | ~ 217 g |
| Wäschetrocknen im Raum | Abtrocknen pro Vorgang | ~ 70 g |
| | 5 kg geschleudert pro Waschmaschine | 2500 g |
| | Aquarium (90 % abgedeckt, 26 °C) | 6 g/h |
| Haustiere | Katze | 10 g/h |
| | Hund (mittelgroß, 20 kg) | 40 g/h |

Tabelle 4: Feuchteabgabe an die Raumluft je nach Feuchtequelle in Anlehnung an [15] DIN / TS 4108-8. Bei Bedarf können die angegebenen Werte auch umgerechnet werden in Liter pro Stunde (1.000 g = 1 l).

Geht man davon aus, dass nur wenn Menschen sich im Raum befinden bzw. ihn nutzen, die Feuchteabgabe durch Duschen, Kochen, Wäschetrocknen und ihn selbst erfolgt, kann der Rückschluss abgeleitet werden, dass wenn kein Mensch einen Raum nutzt und belebt, somit auch keine Feuchteabgabe durch ihn resultiert (Ausnahme: Feuchteabgabe durch Pflanzen, Aquarien usw.), *Abbildung 7*.



Abbildung 7: Nutzungsbedingte Feuchteinträge aus dem Wohnprozess

Diese triviale Feststellung bedeutet, dass in Abhängigkeit von der Anzahl an Menschen Wohnfläche „auszulegen“ ist und sich somit das zur Verfügung stehende Raumvolumen ergibt, da hiervon die „Feuchtetoleranz“ des Raumes abhängig ist. Oder anders ausgedrückt: nicht jeder Raum ist für eine beliebig hohe Belegungsdichte in der Lage, die durch Menschen hervorgerufenen Feuchteabgaben zu tolerieren.

Die Festlegung der Mindestgrößen im sozialen Wohnungsbau regeln die Verwaltungsvorschriften der Länder zum Wohnungsbindungsgesetz.

Die nachfolgenden Zahlen sollen als Orientierungswerte gelten:

- 1 Person ca. 45 - 50 m²
- 2 Personen ca. 60 m² oder 2 Wohnräume
- 3 Personen ca. 75 m² oder 3 Wohnräume
- 4 Personen ca. 85 - 90 m² oder 4 Wohnräume

Aus diesen Mindestflächen ergibt sich ein zur Verfügung stehendes Raumvolumen je nach entsprechender lichter Raumhöhe, die jedoch i.d.R. 2,5 m beträgt.

Eine Ausnahme stellen Studentenwohnheime oder sogenannte „Singleapartments“ dar, die mitunter eine Wohnfläche von nur rund 20 m² aufweisen. Hieraus resultiert ein kleines Raumvolumen von gerade einmal rund 50 m³ mit der Folge, dass die Nutzung mit Feuchtigkeit, CO₂ oder weiteren Schadstoffen den Raum „belasten“.

Ein Raum kann daher für eine dauerhafte Nutzung nur dann sicher geplant werden, wenn die dauerhafte Nutzeranzahl bekannt ist.



Abbildung 8: Nutzungsunabhängiger Feuchteintrag: Tauwasserbildung auf Grund von Baufeuchte. Allein in Innenputzen und Estrich befinden sich je rund 10 Liter Wasser pro m².

Der absolute Feuchtegehalt der Luft ist temperaturabhängig. Dieser Zusammenhang wird in der *Abbildung 9* ablesbar. Bei -5 °C kann die Luft maximal rund 3 g Wasser je m³ Luft aufnehmen. Demgegenüber kann die Luft bei 20 °C maximal über 17 g Wasser je m³ Luft aufnehmen.

Die relative Feuchte bezeichnet den prozentualen Anteil an Feuchtigkeit, den die Luft bezogen auf den maximalen Feuchtegehalt (Sättigung = 100 %) aufgenommen hat. Die absolute Feuchte kann in g/m³ angegeben werden und bezeichnet dann den Gewichtsanteil der Feuchtigkeit in der Luft. Da warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann als kalte, sinkt beim Erwärmen der Luft die relative Feuchte ab, während die absolute Feuchte konstant bleibt.

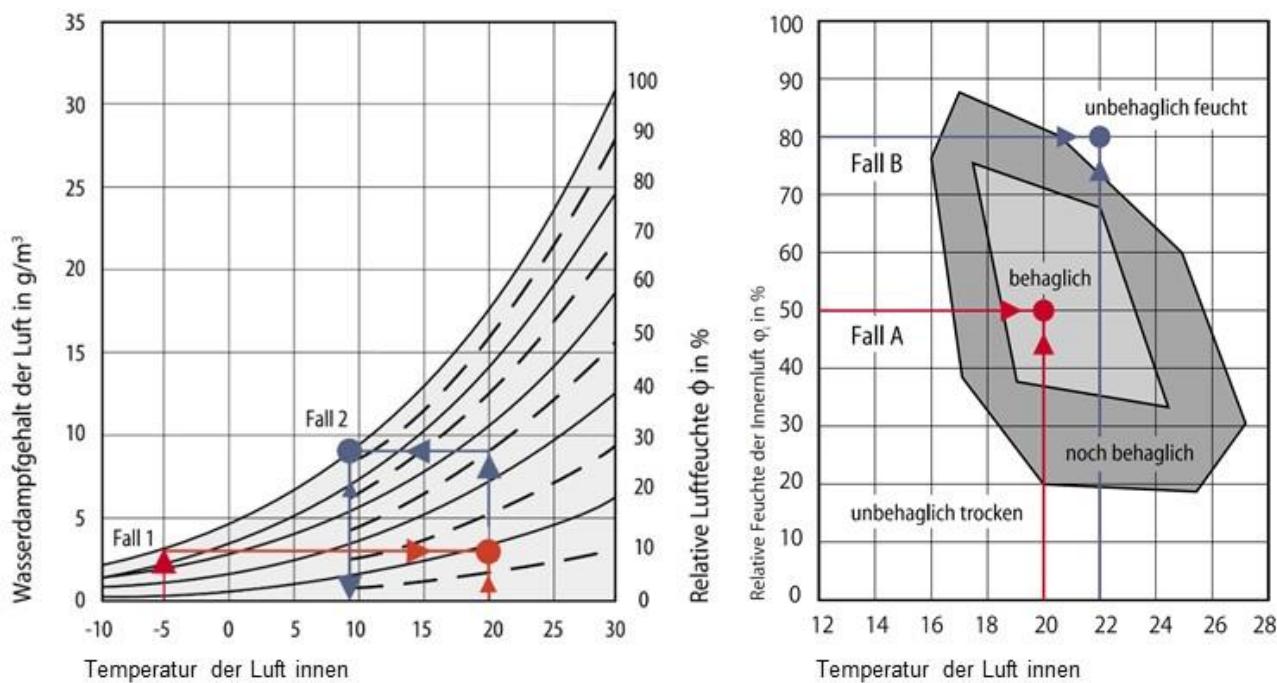


Abbildung 9: Grafik zum Verständnis des Zusammenhangs von relativer und absoluter Feuchte der Luft, und Grafik zur Behaglichkeit im Innenraum (Wechselwirkungen zwischen Temperatur der Luft innen und relativer Feuchte) [16]

Ablesebeispiel zur Erläuterung von Temperatur, absoluter und relativer Feuchte:

Gelangt Außenluft mit einer Temperatur von -5°C und einer relativen Feuchte von 100 % über den Vorgang des Lüftens in den Innenraum und wird auf 20°C erwärmt, reduziert sich die relative Feuchte auf 20 % (roter horizontaler Pfeil, linke Grafik). Wird durch Wohnprozesse oder Baufeuchte diese Luft aufgefeuchtet (bei gleichbleibender Temperatur), erhöht sich die relative Feuchte aber auch der absolute Feuchtegehalt (blauer senkrechter Pfeil, linke Grafik).

Wird die Temperatur der Innenluft nicht aufrecht gehalten, sondern gedrosselt, oder gelangt die Raumluft an kalte Oberflächen, erhöht sich an diesen Orten die relative Feuchte (blauer horizontaler Pfeil, linke Grafik). Es kommt zu einem Tauwasserereignis, wenn eine relative Feuchte von 100 Prozent erreicht wird; für den vorhandenen Feuchtegehalt wird der Taupunkt erreicht. Dieser liegt bei einer Temperatur der Luft von 20°C und einer relativen Feuchte von 50 % bei $9,3^{\circ}\text{C}$.

Innenräume werden vom Außenklima durch die Gebäudehülle getrennt. Diese Gebäudehülle (auch wärmeübertragende Umfassungsfläche genannt) stellt eine klimatische Trennschicht dar, die neben vielen weiteren Funktionen eine bestimmungsgemäße Schutzfunktion gegenüber dem Außenklima zu erfüllen hat. Sie schützt vor den natürlichen Klimaeinflüssen aus Niederschlag, Wind und Temperaturunterschieden.

Ohne auf die strömungsmechanischen Zusammenhänge im Detail einzugehen (näheres wird sehr ausführlich z.B. in [16] beschrieben), bewirken sowohl Wind als auch Temperaturunterschiede Druckdifferenzen, die bei Vorhandensein von bestimmungsgemäßen Öffnungen (z.B. geöffnete Fenster oder Luftpertüsse in der Gebäudehülle) in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche zu einem Austausch von Luftmassen führen.

Durch diesen Massestrom gelangt im Winter Luft mit geringerem absolutem Feuchtegehalt nach innen, während die feuchtere Innenluft von innen nach außen strömt. Auf diese Weise kann der Feuchtegehalt der Innenluft reduziert werden. Die Reduktion der Luftfeuchte kann jedoch auch dazu führen, dass die oberen Atemwege und dort befindlichen Schleimhäute austrocknen, so dass feuchte Innenluft aus Gründen der Behaglichkeit insbesondere im Winter durchaus erwünscht ist, Abbildung 9 rechte Grafik.

Damit die kalte Außenluft Feuchtigkeit aufnehmen kann, muss sie erwärmt werden. Deshalb ist es auch zur Entfeuchtung von Innenräumen nicht von Vorteil, die Wärmezufuhr zu drosseln, wie immer wieder fälschlicher Weise behauptet wird (vergleiche dazu [17]).

Diese Feuchteabfuhr von innen nach außen kann jedoch nur dann erfolgreich funktionieren, wenn der absolute Feuchtegehalt der Außenluft kleiner ist als der innere. Naturgemäß ist dies in unseren Breiten im Winter der Fall. In den Übergangszeiten kann jedoch unter den jeweils herrschenden Außenklimaten der umgekehrte Fall eintreten: In diesen Zeiten kann der absolute Feuchtegehalt außen höher als der innere sein, so dass bei gegebenem Luftaustausch eine Auffeuchtung des Innenraums erfolgt, was nicht zwangsläufig zu einem unzulässigen hohen Auffeuchtungsprozess führen muss, da die Oberflächentemperatur im Wohnraum auch höher ist als im Winter. Dieser Zusammenhang ist auf Basis von Klimamessungen in nachfolgender Abbildung 10 gut ablesbar.

Unbeheizte Kellerräume stellen eine Sondersituation dar, da sie oftmals komplett im Erdreich liegen und die Oberflächentemperatur dadurch wesentlich von der Erdreichtemperatur abhängt.

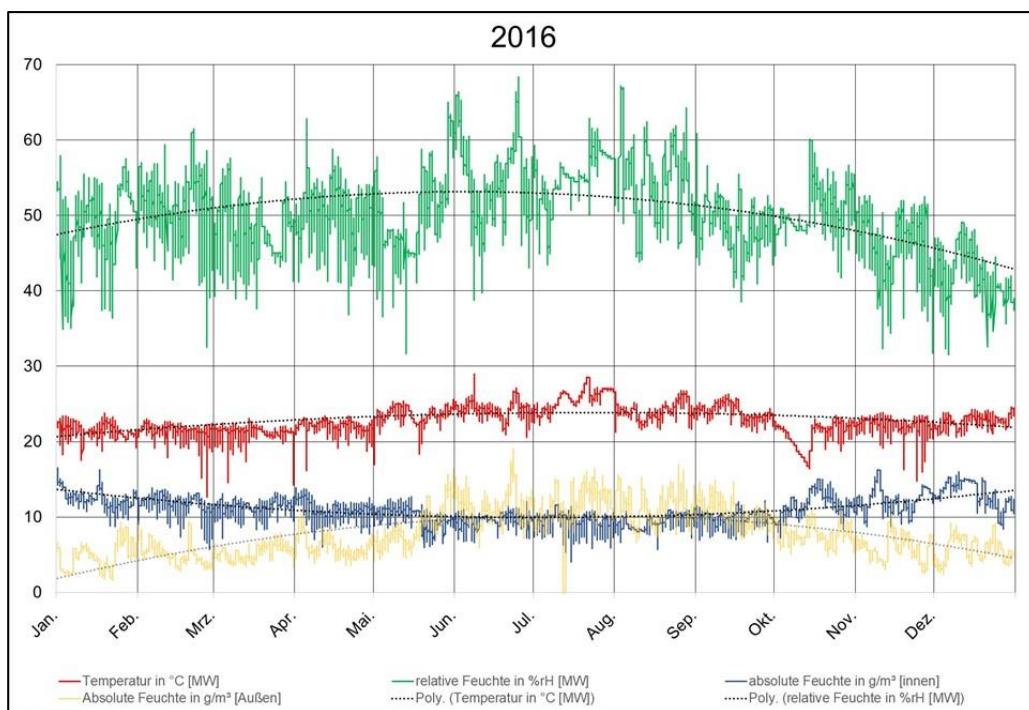


Abbildung 10: Ergebnisse aus einer Langzeitmessung in einem Wohnraum. Zusammenhang zwischen absoluten Feuchtegehalt der Luft innen (blaue Kurve) und absoluten Feuchtegehalt außen (gelbe Kurve)

In einem Innenraum wurde über ein Jahr die Temperatur der Innenluft (rote Kurve) und die relative Feuchte (grüne Kurve) gemessen. Aus beiden Klimadaten kann der absolute Feuchtegehalt der Innenluft ermittelt werden (blaue Kurve). In Kenntnis der Klimadaten für den Außenraum am betreffenden Standort kann abgelesen werden, dass je nach Witterung es Anfang April und einige Tage im November zu einem höheren Feuchtegehalt außen als innen gekommen ist. Ab Mitte Juni bis etwa Ende Oktober liegt der absolute Feuchtegehalt überwiegend über dem absoluten Feuchtegehalt der Luft innen.

Kritisch kann die Zeit sein, in der dem Raum in einem Altbau oder unzureichend gedämmtem Gebäude noch keine oder keine Heizwärme mehr über das Heizsystem zugeführt wird, also der Herbst bzw. das Frühjahr, so dass einerseits niedrigere Oberflächentemperaturen und andererseits hohe absolute Feuchtegehalte außen vorliegen.

Bei Vorhandensein von geeigneten Nährböden und Schimmelpilzsporen, stellt Feuchtigkeit eine wesentliche Voraussetzung für Schimmelpilzwachstum dar.

Infokasten zum Thema Schimmelpilzwachstum [18]

Uns umgeben bis zu 200 unterschiedliche Schimmelpilzarten. Nicht speziell gefilterte Luft kann bis zu 3.000 Sporen je m³ Luftvolumen aufweisen. Einen zwangsläufig nachteiligen medizinisch Einfluss lässt sich bei gesunden Menschen nach allgemeiner Sicht nicht nachweisen; es wird sogar beschrieben, dass Schimmelpilz für die Ausprägung unseres Immunsystems geeignet sei. Schimmel ist ein fester Bestandteil unseres Lebens!

Fruchtkörper der speziellen Schimmelpilzart sondern Sporen an die Luft ab. Treffen die Sporen auf ein geeignetes Substrat (z.B. kohlenstoffhaltige Untergründe, wie Tapeten, Gipskartonplatten, Holzwerkstoffe, Kleidung, Möbel, Bücher) kommt es bei Vorliegen von Feuchtigkeit zur Auskeimung: Es bilden sich Hyphen (Zellfäden), die in ihrer Gesamtheit als Wurzelgeflecht auch Myzel genannt werden.

Der unterschiedlich farbige Fruchtkörper (mal bräunlich, mal grünlich oder schwarz) erzeugt dann weitere Sporen, welche an die Luft abgegeben werden. Dieser Vorgang kann innerhalb weniger Tage ablaufen. In der Literatur wird beschrieben, dass mit einem Schimmelwachstum zu rechnen sei, wenn an mindestens fünf aufeinander folgenden Tagen eine relative Feuchte von größer 70 % für mindestens 12 Stunden am Tag vorhanden ist. Dies bedeutet, dass für Schimmelwachstum folgende Randbedingungen gegeben sein müssen:

1. Nährstoffangebot (i.d.R. in den Gebäuden immer vorhanden)
2. Feuchtigkeit am und im Substrat (relative Feuchte größer 70 %, ab 80 % können nahezu alle Schimmelpilzarten wachsen)
3. Zeit (zusammenhängend länger als 5 Tage mind. 12 Stunden pro Tag), [15], [18]

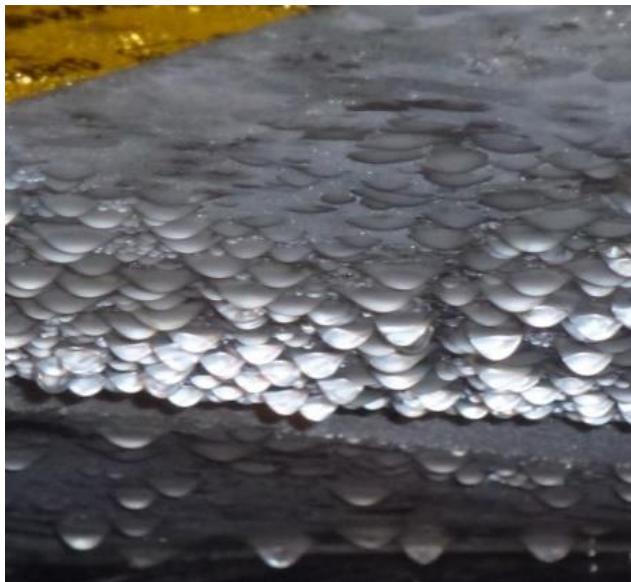


Abbildung 11: Für Schimmelwachstum wird nicht Wasser in flüssiger Form benötigt (linkes Foto), sondern es reicht eine (nicht sichtbare) erhöhte relative Feuchte aus und ein Nährstoffboden muss vorliegen

2.2.8.1 Feuchtefreisetzung und relative Feuchte an der Bauteiloberfläche

Ob und inwieweit die freigesetzte Feuchte zu Schimmelwachstum führt, ist - neben dem zur Verfügung stehenden Raumvolumen und dem Nährstoffangebot - von den Oberflächentemperaturen und der Entfeuchtung über Lüftung abhängig.

Die Oberflächentemperaturen wiederum sind von der Beheizung einerseits und dem Dämmstandard andererseits abhängig. Jeder auch noch so ungünstige Dämmstandard kann durch eine entsprechende Temperierung der Bauteiloberflächen im Hinblick auf die Schimmelpilzbildung optimiert werden. Sieht man zunächst von einer direkten Beheizung der Oberfläche ab, so kann aus der Abbildung 12 abgelesen werden, dass selbst bei einem bestehenden Gebäude mit einem U-Wert von 1,40 W/(m²K) eine Oberflächentemperatur von 15,5 °C erreicht wird (Die Oberflächentemperaturen wurden mit einer Innentemperatur von 20 °C und einer Außentemperatur von -5 °C ermittelt).

Diese Oberflächentemperaturen gelten nur dort, wo eine Temperierung stattfindet und Wärme an diese Oberflächen gelangen kann. Nur in diesen Bereichen gilt ein Wärmeübergangswiderstand von $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$. In Bauteilsituationen mit einer inneren Bedeckung durch Vorhänge oder Möbel ergeben sich umgebungsbedingte „Störeinflüsse“. Diese so genannten umgebungsbedingten Wärmebrücken können einen erheblichen Einfluss auf die Oberflächentemperatur ausüben. In DIN / TS 4108-8 wird für:

- aufgeständerte Schränke ein Wert für $R_{si} = 0,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ und für
- Einbauschränke ein Wert für $R_{si} = 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

angegeben. Diese Größen können zur Abschätzung des Einflusses näherungsweise herangezogen werden. Aus der nachfolgenden Grafik kann auch abgelesen werden, dass je kleiner der Wärmedurchgangskoeffizient ist, desto weniger nachteilig wirken sich Möbel auf die Oberflächentemperatur aus.

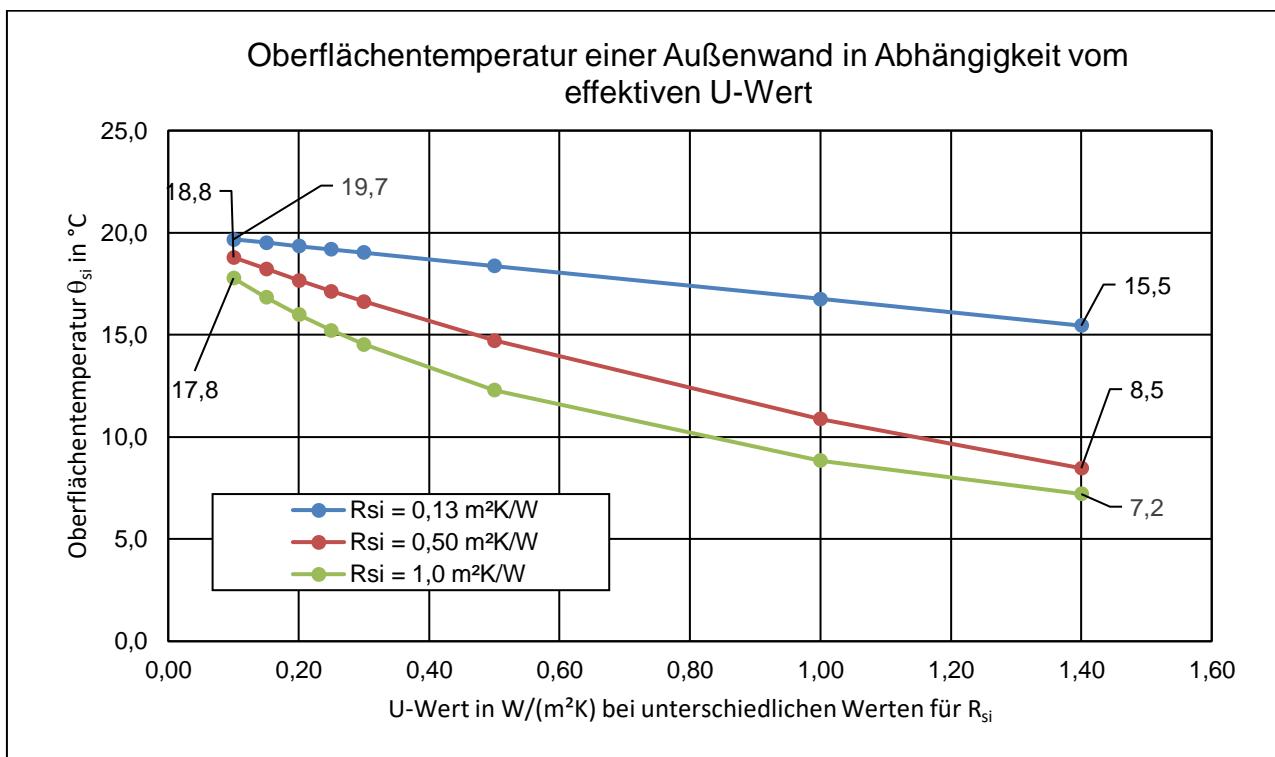


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Dämmstandard, Möblierung und resultierender (errechneter) Oberflächentemperatur der Außenwand (sogenannte Regelfläche)

Heute finden sich im Wohnungsneubau aus energiesparrechtlicher Sicht in den Regelflächen der opaken Bauteile U-Werte von höchstens 0,30 W/(m²K), so dass sich selbst mit einem Einbauschrank Oberflächentemperaturen von um 15 °C ergeben.

Anders sieht die Situation im Bereich von zwei- und dreidimensionalen Wärmebrücken aus. Hier treten neben stofflichen- oder materialbedingten Einflüssen auch geometrische Effekte auf. Anschlusssituationen mit stofflichen und geometrischen Einflüssen werden daher auch stofflich-geometrische oder auch konstruktive Wärmebrücken genannt.

Insbesondere Außenecken, die in allen drei Kontaktflächen ggf. sogar an Außenluft grenzen, weisen gegenüber der Regelfläche erheblich niedrigere Oberflächentemperaturen auf. Insofern ist nicht der wärmeschutztechnische Standard der Regelfläche (also der Wirkungsbereich des U-Wertes) maßgeblich für die Abfuhr von Feuchtigkeit, sondern der wärmeschutztechnische Standard von zwei- bzw. dreidimensionalen Wärmebrücken.

Unter stationären, d.h. zeitlich sich nicht ändernden thermischen Randbedingungen ergibt sich nach DIN 4108-2 beispielsweise folgende Situation für eine wärmegedämmte Außenwand an eine Tiefgarage:

Außenwand in der Regelfläche:

$$\theta_{si} = 19,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Außenwand an Tiefgaragendecke (Kante):

$$\theta_{si,2D} = 13,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Außenwand an Tiefgaragendecke (Ecke):

$$\theta_{si,3D} = 11,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Außenwand an Tiefgaragendecke (Ecke) mit Möbel:

$$\theta_{si,3D, \text{Möbel}} = 9,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ähnliche Problemstellungen ergeben sich auch in anderen Eckbereichen, die an Außenluftgrenzen, wie z.B. Erker, Flachdachattiken oder auch ungedämmte obere Außenwandabschlüsse.

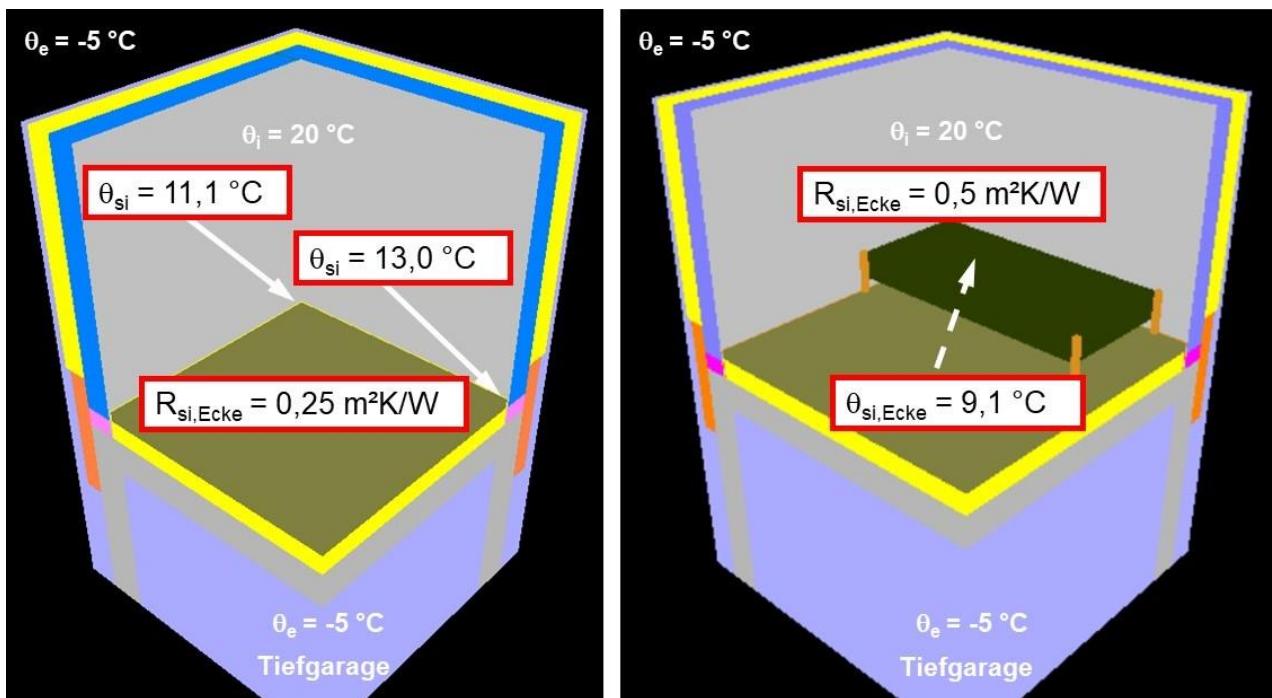


Abbildung 13: Oberflächentemperaturen unter stationären Randbedingungen nach DIN 4108-2

2.2.8.2 Stationär oder instationäre Randbedingungen

Für die Planungsphase eines zu errichtenden Wohngebäudes werden in der DIN 4108-2 (siehe Abschnitte 2.4 und 4) Hilfestellungen gegeben, einen ausreichenden Mindestwärmeschutzstandard zu planen. Es werden stationäre Randbedingungen beschrieben. Dies bedeutet, dass mit einer sich nicht ändernden Außen- und Innentemperatur die minimale Oberflächentemperatur θ_{si} ohne Speichereffekte ermittelt wird. Ist das voraussichtliche Innenklima (Temperatur und relative Feuchte) bekannt, kann in Abhängigkeit von der Detailgestaltung eine Aussage zur technischen Gebrauchstauglichkeit im Sinne dieser Norm getroffen werden.

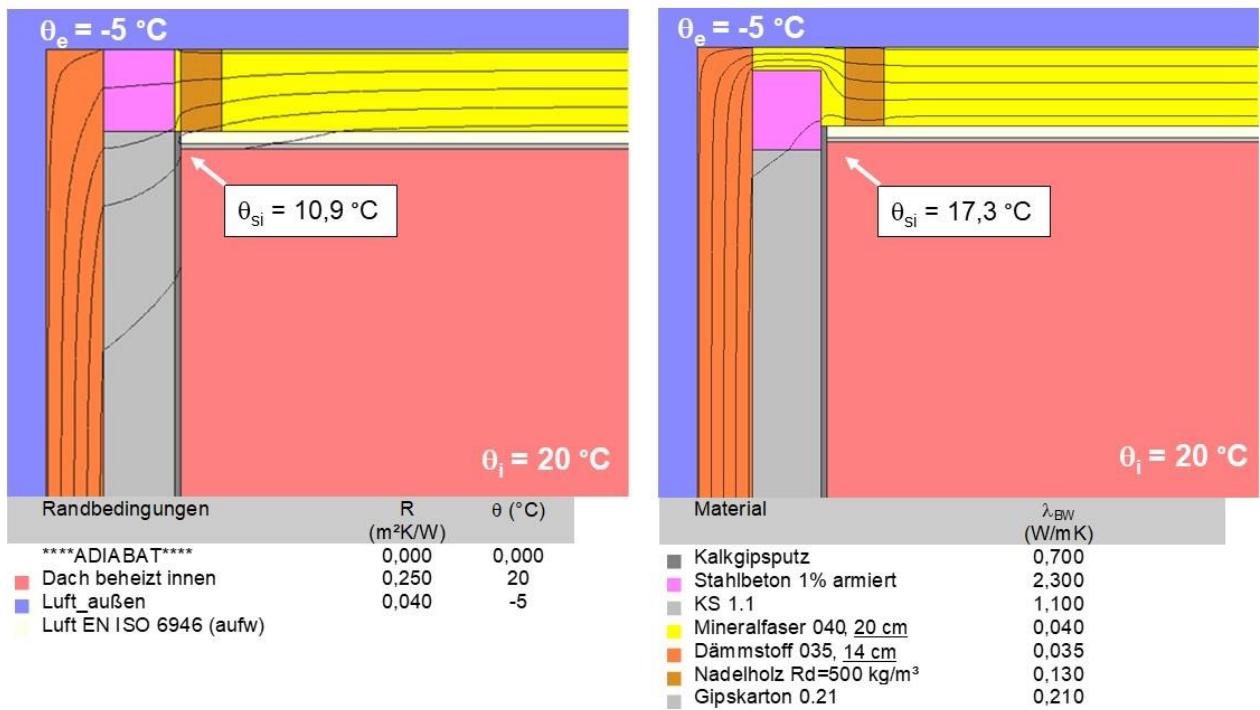


Abbildung 14: Oberflächentemperaturen mit Hilfe zweidimensionaler Wärmebrückeberechnungen unter stationären Randbedingungen: linkes Beispiel ohne Kronendämmung, rechtes Beispiel mit einer 6 cm dicken Kronendämmung und Dämmung zwischen Streichsparren und Giebelwand

Hierbei werden weder die sich am Tag oder im Jahr ändernden Temperaturen der Luft außen noch in Abhängigkeit von der Orientierung und Neigung und Höhenlage des Bau teils der standortbezogene Einfluss von Solarstrahlung berücksichtigt; auch die Wärme speicherung bleiben unberücksichtigt.

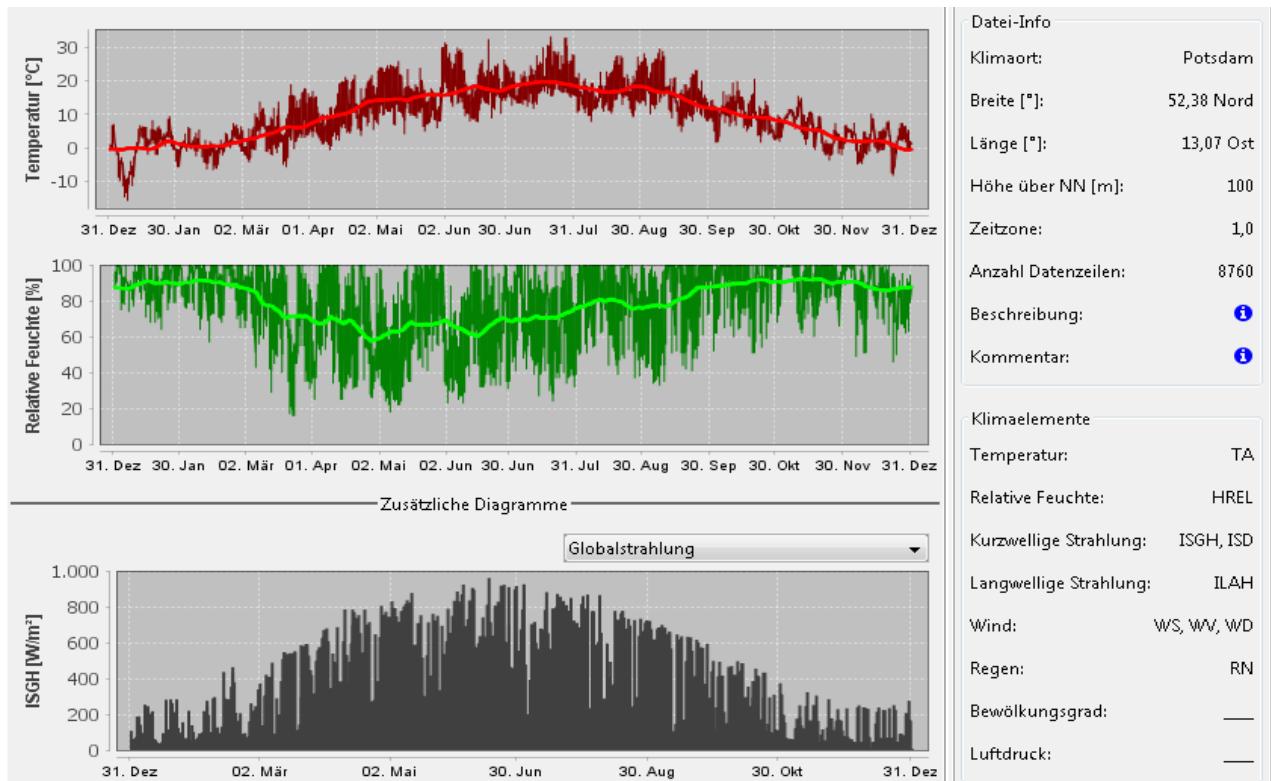


Abbildung 15: Standortbezogene Klimadaten für Potsdam

Berücksichtigt man die aus einem Klimadatensatz entnommenen Randbedingungen, ergeben sich andere Ergebnisse. Interessant ist am Verlauf der Außentemperatur für den

Standort Potsdam, dass im Mittel die Temperatur der Luft außen im Winter um etwa 0 °C liegt, die Tiefsttemperatur aber auch zeitlich begrenzt durchaus bei -10 °C liegen kann.

Dies wirkt sich auch auf die Oberflächentemperatur aus, wie in *Abbildung 16* abgelesen werden kann. Interessant ist, dass unter Zugrundelegung eines bestimmten Luftwechsels dies aber nicht zu einem Anstieg der relativen Feuchte an der Bauteilloberfläche führt, sondern zu einer erheblichen Reduktion. Dies liegt an den oben erläuterten Zusammenhängen, dass kalte Luft weniger Feuchtigkeit aufnehmen kann als warme Luft.

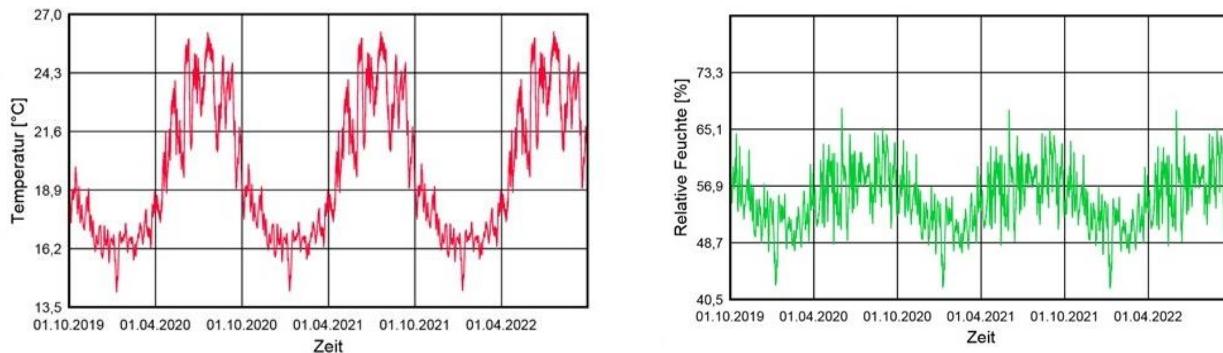


Abbildung 16: Verlauf der Oberflächentemperatur und relativen Feuchte des Ortgangs aus *Abbildung 14* mit Kronendämmung, Neigung 30 °C und nach Norden orientiert

Baustoffe speichern nicht nur Wärme, sondern auch Feuchtigkeit. Je nach Feuchtegehalt der Innenluft sind die Baustoffe in der Lage, ein Vielfaches von dem an Feuchtigkeit aufzunehmen, was die Luft in der Lage ist zu speichern. Dies führt auf der einen Seite dazu, dass Feuchtespitzen von den Baustoffen, aber auch von Einrichtungsgegenständen zwischengespeichert, sprich adsorbiert werden und die Feuchtigkeit der Innenluft nur in kleinen Räumen mit wenig speicherfähigen Oberflächen zu einer Tauwasserbildung der Luft führt. Ausnahmen können beispielsweise kleine geflieste Badezimmer sein, in denen lange geduscht wurde, wie *Abbildung 17* zeigt.

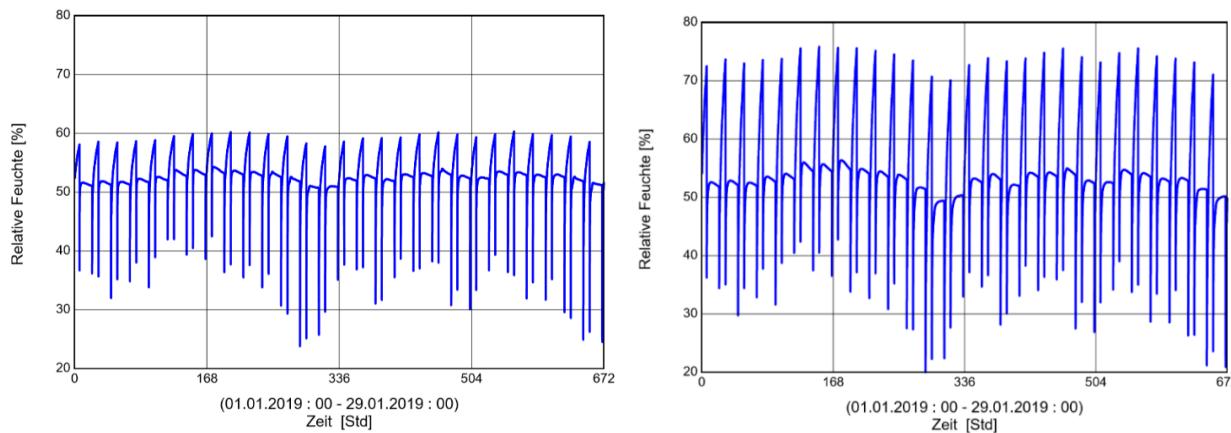


Abbildung 17: Veränderung der relativen Feuchte eines Raumes in Abhängigkeit von der Feuchtespeicherung: linke Grafik mit Gipsputz, rechte Grafik Raum gefliest

Auf der anderen Seite bedeutet dies, dass mit einem einmaligen, zeitlich begrenzten Lüftungereignis lediglich der Feuchtegehalt der Luft nach außen geführt wird. Durch Desorption aus den Umschließungsflächen, Mobiliar und Einrichtungsgegenständen erfolgt erneut eine Auffeuchtung der Raumluft. Dies bedeutet, soll sich der Feuchtegehalt dauerhaft reduzieren, wird bei speicherfähigen Oberflächen ein wiederholter Luftwechsel notwendig. Anderseits führen speicherfähige Materialien dazu, dass der Feuchtegehalt der Luft insgesamt niedriger ist im Vergleich zu Räumen geringer Feuchtepufferung, *Abbildung 17*, *Abbildung 18* und *Abbildung 19*.



Abbildung 18: Lehmbauplatten verfügen über ein großes Feuchtespeichervermögen, Bildquelle: Lehmix, Hart-Keramik.



Abbildung 19: Auffeuchtung nach dem Duschen ohne Feuchtespeicherung. Tauwasserbildung auf Spiegel und Fliesen.

2.2.9 Konsequenzen für die Lüftung

Aus den vorgenannten Abschnitten werden nachfolgend die Auswirkungen auf die Lüftung dargestellt. Möglicherweise treten bestimmte Schadstoffe oder Feuchtigkeitseinträge dauerhaft (und nicht wie bei einigen Allergieerregern saisonal begrenzt) im Innenraum auf. Es müssen Schadstoffe und Feuchtigkeit differenziert werden nach ihrer Herkunft.

Es ergeben sich Folgen für die Lüftung auf Grund von:

- Gerüchen, CO₂, Feuchte und ggf. Viren, die durch den Menschen in den Raum eingebracht oder verursacht werden,
- im Innenraum befindlichen Schadstoffen und Feuchte, die überwiegend durch Materialien, Möbel usw. in den Raum gelangen,
- im Außenraum, in der Außenluft oder im Boden befindlichen Schadstoffen.

Schadstoffe

CO₂ tritt nur bei Anwesenheit von Menschen auf und stellt eine messbare Größe dar, die zur Beurteilung eines Volumenstroms herangezogen werden kann. CO₂ befindet sich in der Luft und wird nicht im Raum an den Oberflächen gespeichert. Mit einem gezielten Volumenstrom kann das CO₂ im Raum abgeführt werden. Ebenso kann auch ein kontinuierlicher Volumenstrom in den Anwesenheitszeiten das im Raum vorhandene CO₂ nach außen abführen. Zu beachten ist, dass je nach Lage des Gebäudes (innerstädtisch oder ländlich) der CO₂-Gehalt in der Außenluft um 400 ppm beträgt [7].

Während für Pollen ggf. Lüftungssysteme verwendet werden können, die mit speziellen Filtern ausgestattet sind, helfen bei Emissionen von Schadstoffen innerhalb von Räumen prophylaktische Maßnahmen in Form entsprechend schadstoffminimierter Baustoffauswahl [19] und Einrichtungsgegenstände oder entsprechend angepasste Volumenströme.

Das Umweltbundesamt empfiehlt zur Entfernung der VOC aus der Innenraumluft ein regelmäßiges und intensives Lüften. Die Stoffe sind flüchtig und vergleichsweise leicht durch Lüften zu entfernen. Das sollte man mindestens so lange machen, bis zum Beispiel Klebstoffe und Farben richtig getrocknet sind (i.d.R. einige Tage nach Einbau) oder bis man keinen auffälligen Geruch mehr wahrnimmt (das kann einige Wochen nach Einbau dauern) [20].

Insbesondere aus Gründen der Lüftung zum Schutz vor Infektionen aufgrund von SARS-CoV-2 wird derzeit ein CO₂-Gehalt der Raumluft von nicht mehr als 1.000 ppm empfohlen. Dazu sollten CO₂-Messgeräte verwendet werden. Räume die nicht über eine RLT-Anlage gelüftet werden, müssen dazu konsequent, intensiv und regelmäßig über Fenster und Türen gelüftet werden.

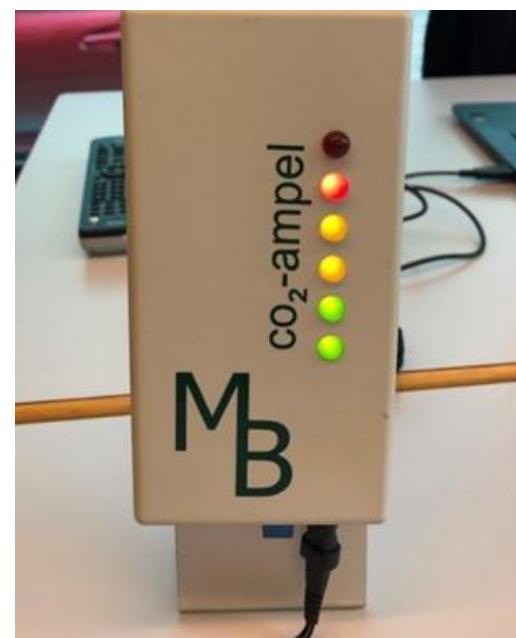


Abbildung 20: Messensor mit Ampelfunktion zur vereinfachten Visualisierung des CO₂-Gehalts

Sowohl für Neu- als auch Altbauten kann zur Reduzierung der Schadstoffkonzentration als Lüftungssystem entweder eine Fensterlüftung, Luftdurchlässe in Wänden oder Fenstern oder auch eine raumluftechnische Anlage herangezogen werden.

Feuchtigkeit

Soll Schimmelwachstum an Bauteiloberflächen vermieden werden, bedarf es hoher Oberflächentemperaturen. Diese können durch Dämmmaßnahmen und/oder durch eine angepasste Heizleistung verbessert werden.

Zur Feststellung eines aus feuchteschutztechnischer Sicht notwendigen Außenluftvolumenstroms müssen die minimalen Oberflächentemperaturen bekannt sein. Diese sollten sich an den zu erwartenden Randbedingungen am Standort des Gebäudes orientieren.

Der notwendige Luftwechsel zur Vermeidung kritischer Feuchtegehalte in der Raumluft ist neben den Feuchtequellen im Raum, von der Raumgröße, also dem zur Verfügung stehenden Raumvolumen abhängig. Damit die von außen nach innen gelangte Luft Feuchtigkeit aus der Raumluft aufnehmen kann, muss sie erwärmt werden.

Im Gegensatz zu CO₂ und Geruchsstoffen wird die freigesetzte Feuchtigkeit ggf. in den Oberflächen gespeichert. Dies muss, sofern nicht kontinuierlich ein Luftaustausch stattfindet, zu einem wiederholten Lüftungsereignis führen.

Für Neubauten ergibt sich neben der nutzungsbedingten Feuchtefreisetzung in Abhängigkeit von der Konstruktionsart, Baustoffen und den Herstellungsrandbedingungen eine zusätzliche Auffeuchtung durch in Baustoffen enthaltener Feuchtigkeit. Für Altbauten gelten dieselben physikalischen Wirkungszusammenhänge.

Sowohl für Neu- als auch Altbauten kann als Lüftungssystem entweder eine Fensterlüftung, Luftdurchlässe in Wänden oder Fenstern oder auch eine raumluftechnische Anlage herangezogen werden.

2.3 Welche Bedeutung hat der Luftwechsel aus energetischer Sicht?

2.3.1 Lüftungswärmebedarfsberechnung

Seit vielen Jahrzehnten bestehen öffentlich-rechtliche Energiesparregelungen. Hierbei soll die Energieeffizienz im Gebäudebereich aus Gründen des Klimaschutzes und der Versorgungssicherheit (Minderung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern) bei gleichzeitiger Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte verbessert werden.

Seit der Wärmeschutzverordnung 1995 besteht die Möglichkeit, energetische Anforderungswerte im Rahmen einer energetischen Bilanz auch unter Berücksichtigung von Lüftungswärmeverlusten zu berücksichtigen. In der Fortschreibung des öffentlich-rechtlichen Regelwerkes in Form der Energieeinsparverordnung und auch im seit 1.11.2020 gelgenden Gebäudeenergiegesetz (GEG) werden bei energetischen Bilanzen regelmäßig Lüftungswärmeverluste berücksichtigt.

Ganz gleich, ob diese über die DIN V 4108-6 [21] und DIN V 4701-10 [22] oder über die DIN V 18599 [23] berücksichtigt werden, erfolgt die rechnerische Berücksichtigung unter Verwendung von pauschalisierten / standardisierten Volumenströmen bzw. Luftwechseln. Grundsätzlich ergibt sich der rechnerische Wärmeverlust über Lüftung entlang einer Temperaturdifferenz zwischen innen und außen (ggf. auch umgekehrt z.B. im Sommer) gemäß Gleichung:

$$H_v = (n \cdot V \cdot 0,34) \cdot \Delta\theta \quad \text{Gleichung 1}$$

Hierin bedeuten:

| | | |
|----------------|---|----------------|
| H_v | Lüftungswärmeverlust | W/K |
| n | Luftwechsel | in h^{-1} |
| V | Luftvolumen | in m^3 |
| 0,34 | thermischer Kennwert für Wärmekapazität und Dichte der Luft | in $Wh/(m^3K)$ |
| $\Delta\theta$ | Temperaturdifferenz zwischen innen und außen | |

Dieser Lüftungswärmeverlust wird im Endenergiebedarf eines Gebäudes berücksichtigt und beschreibt unter standardisierten Rechenrandbedingungen die rechnerische Prognose für den späteren Energieverbrauch. Der Endenergiebedarf wiederum ist Bestandteil des nach GEG öffentlich-rechtlich nachzuweisenden Jahres-Primärenergiebedarfs.

Der für die Größenordnung des Lüftungswärmeverlustes maßgebliche Kennwert ist der in *Gleichung 1* angegebene Luftwechsel „n“. Er setzt sich zusammen aus einem Luftwechselanteil über:

- Fenster,
- Infiltration und
- ggf. der Wirkung eines mechanisch reduzierten Luftwechsels über eine raumluftechnische Anlage (RLT).

Im Zusammenhang mit der Wirkung einer RLT geht es endenergetisch wiederum um die Frage, wie hoch der rechnerische Nutzen (Reduktion des Heizwärme- und Kältebedarfs) im Vergleich zum hierzu erforderlichen Energieaufwand (Ventilatorstrom) für das Lüftungssystem ist. Dieser Zusammenhang wird in der nachfolgenden *Abbildung 21* dargestellt.

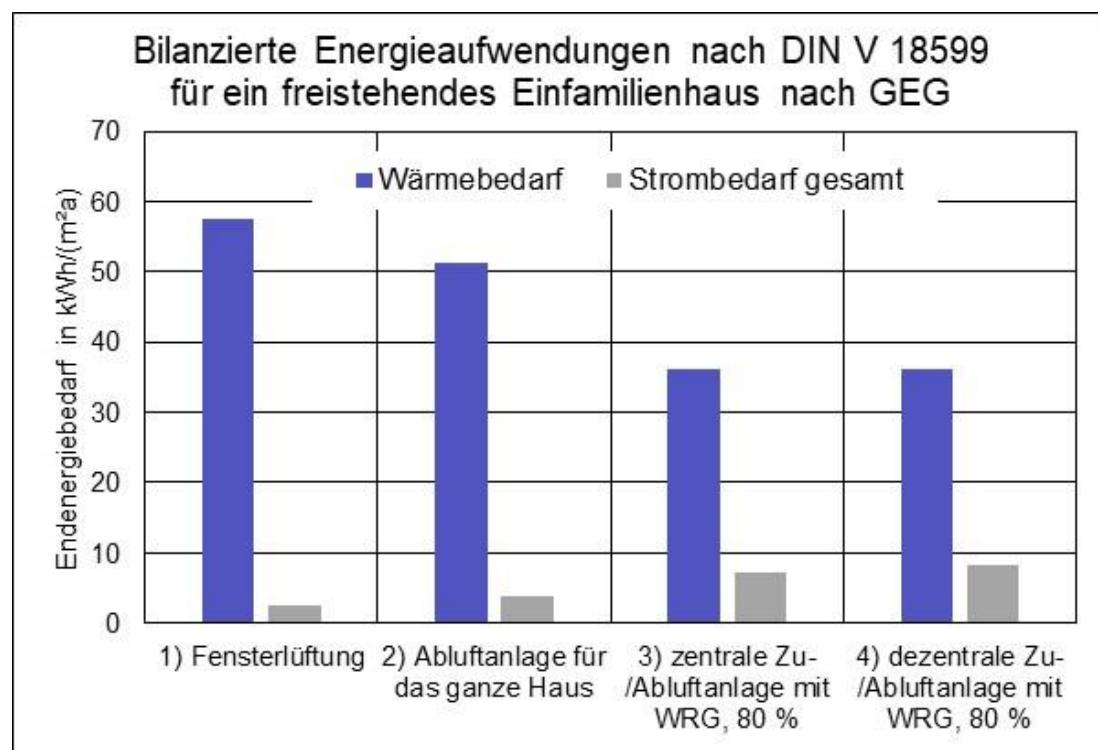


Abbildung 21: Energieaufwand (blauer Balken) für Wärme eines mit einem Gasbrennwertkessels beheizten, freistehenden Einfamilienhauses und Stromaufwand (grauer Balken), ermittelt nach DIN V 18599

Im energiesparrechtlichen Gesamtkontext geht es um nichts anderes als um Energie, siehe auch Gebäudeenergiegesetz:

§ 1 Zweck und Ziel

(1) Zweck dieses Gesetzes ist ein möglichst sparsamer Einsatz von Energie in Gebäuden einschließlich einer zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom für den Gebäudebetrieb.

Allerdings wurde der Begriff Mindestluftwechsel, der in der alten Energieeinsparverordnung vorkam (vergl.: § 6 (2) Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist.) immer wieder als eine Aufforderung zur Planung / Auslegung eines entsprechenden apparativen Luftwechsels missverstanden. In den Bemerkungen zur EnEV 2009, die erstmalig im Referenzgebäude eine bedarfsgeregelte Abluftanlage vorsah, heißt es jedoch:

„Eine Abluftanlage ist in der Energiebedarfsbilanz gegenüber der Fensterlüftung (kontrollierte Stoßlüftung) gleichwertig, zur Vermeidung von Feuchteschäden und Schimmelbildung als bauphysikalisch sinnvoll anzusehen. Auch für diese Referenzausführung gilt jedoch, dass die Tabelle 1 eine solche Ausführung im konkreten Wohngebäude nicht vorschreibt; die öffentlich-rechtliche Anforderung an diese Einzelkomponente beruht allein auf § 6 Abs. 2.“

Es geht daher ausschließlich um energetische Belange und somit um die Berücksichtigung eines nutzungsbedingten Außenluftvolumenstroms. Dieser kann je nach Nutzungsanforderung (insbesondere bei Nichtwohngebäuden) sehr unterschiedlich sein (siehe auch Nutzungsprofile der DIN V 18599-10 [24]).

Die Energieeinspareffekte aufgrund der Wärmerückgewinnung von kontrollierten Wohnungslüftungsanlagen sind maßgeblich vom Nutzerverhalten abhängig. Werden die Fenster zusätzlich in der Heizperiode geöffnet, kann die Wärmerückgewinnung nicht effektiv wirksam werden. Der Nutzer ist daher über die Systembedienung und erforderliche Verhaltensweisen aufzuklären (vergl. 6.5.7).

Hieraus können mehrere Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Nutzer können die prinzipielle Leistungsfähigkeit von energiesparenden Maßnahmen erheblich beeinflussen und
- eine sorgfältige Planung allein reicht nicht aus, sondern der Nutzer muss einbezogen und aufgeklärt werden.

Im Wohnungsbau werden in DIN V 18599-10 [24] folgende nutzbedingte Mindestaußenluftwechsel unterschieden:

- nicht bedarfsgeführ: $n_{nutz} = 0,5 \text{ h}^{-1}$
- bedarfsgeführ²: $n_{nutz} = 0,45 \text{ h}^{-1}$

Zu diesem Luftwechsel wird dann der Luftwechsel über Infiltration hinzugerechnet. *Abbildung 22* zeigt den rechnerischen Anteil von Lüftungswärmeverlusten in unterschiedlichen Wärmeschutzstandards.

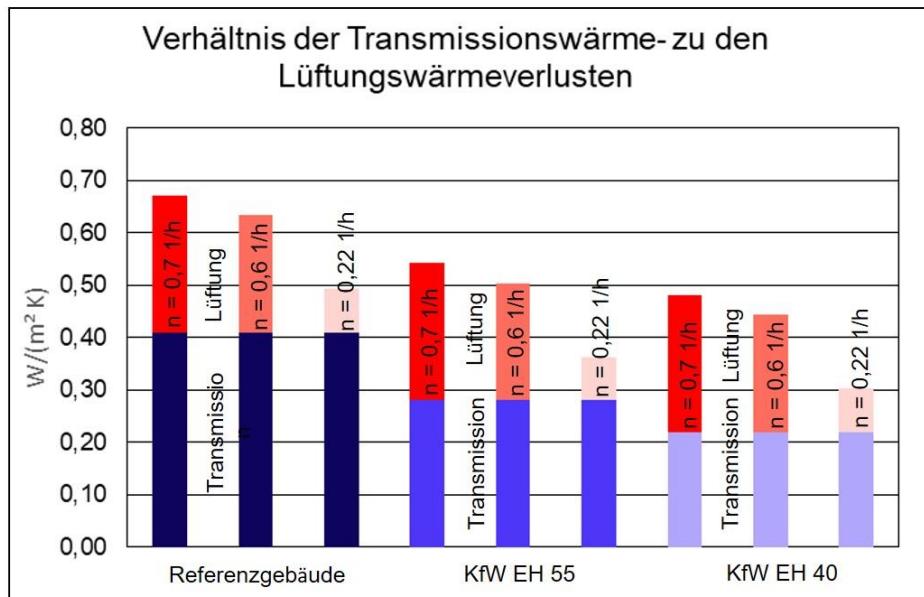


Abbildung 22: Transmissions- und Lüftungswärmeverluste für ein freistehendes Einfamilienhaus, ermittelt nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 – Fensterlüftung ohne und mit Dichtheitsprüfung, Zu- / Abluftanlage mit 95 % WRG ($n = n_{ANL} * 0,95 + n_{inf}$)

Neben den Standardrandbedingungen zur Ermittlung von Lüftungswärmeverlusten im Rahmen von öffentlich-rechtlichen oder auch KfW-Nachweisen können auch individuelle Bemessungen für die ingenieurmäßige Energieberatung (und somit außerhalb öffentlich-rechtlicher Nachweise) durchgeführt werden, *Abbildung 23* und *Abbildung 24*.

Hierbei wird deutlich, dass in einem Schlafräum, der ganzjährig kontinuierlich 8 Stunden lang am Tag über eine „Kipplüftung“ belüftet wird, diese einen energetisch wirksamen Luftwechsel hervorruft, der dem nutzungsbedingten Luftwechsel nach DIN V 18599 mit $n_{nutz} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ im Jahresmittel nahekommt, *Abbildung 23*.

Anzumerken ist, dass sich der Luftwechsel in der öffentlich-rechtlichen Energiebilanz auf das ganze Gebäude oder die Zone bezieht und nicht auf einzelne Räume. Befinden sich im Gebäude Räume, die weniger oder gar nicht gelüftet werden (weil es dort auch keine Erfordernis gibt), diese Räume aber Bestandteil des beheizten Gebäudevolumens sind, ergeben sich noch kleinere Luftwechsel.

² nur in Verbindung mit einer ventilatorgestützten Zu- und Abluftanlage oder Abluftanlage mit geeigneter nutzunabhängiger Führungsgröße wie z.B. Feuchte oder CO₂, jedoch ohne Betriebsunterbrechung

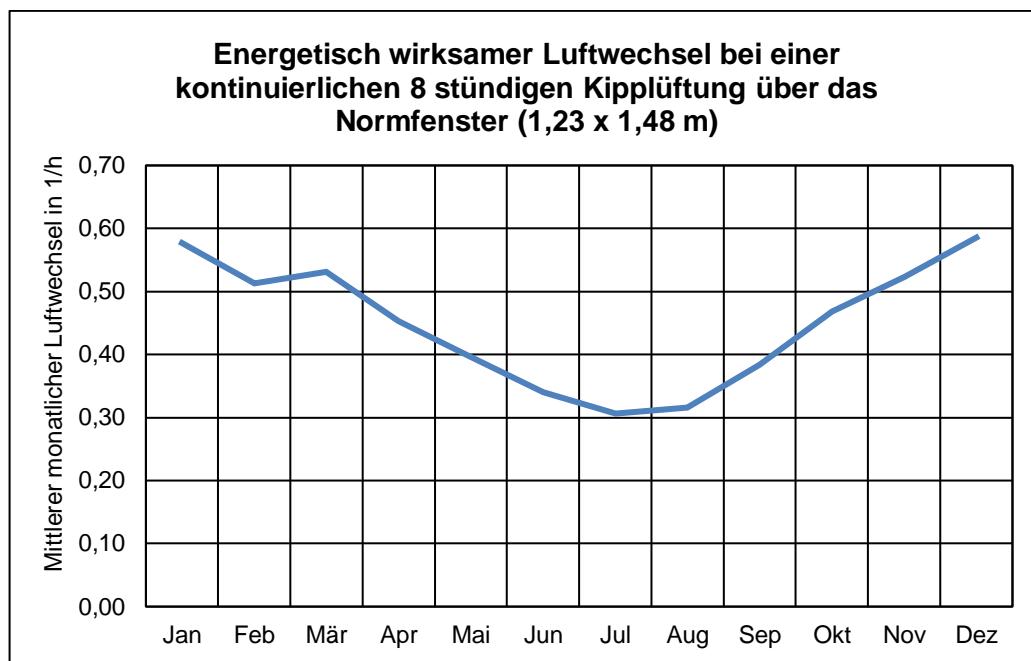


Abbildung 23: mittlere energetisch wirksame Luftwechsel für ein 38 m^3 ($= 15 \text{ m}^2$) großes Schlafzimmer, das kontinuierlich über 8 Stunden für die Dauer der Feuchtefreisetzung gelüftet wird über das auf Kipp stehende Normfenster belüftet wird

Würde man statt einer kontinuierlichen Lüftung über ein auf Kipp stehendes Fenster jedoch einen oder einen mehrfachen Lüftungsvorgang über Stoßlüftung pro Tag vornehmen, kann in Abhängigkeit von der Lüftungsdauer, der hieraus resultierende energetisch wirksame Luftwechsel deutlich geringer ausfallen.

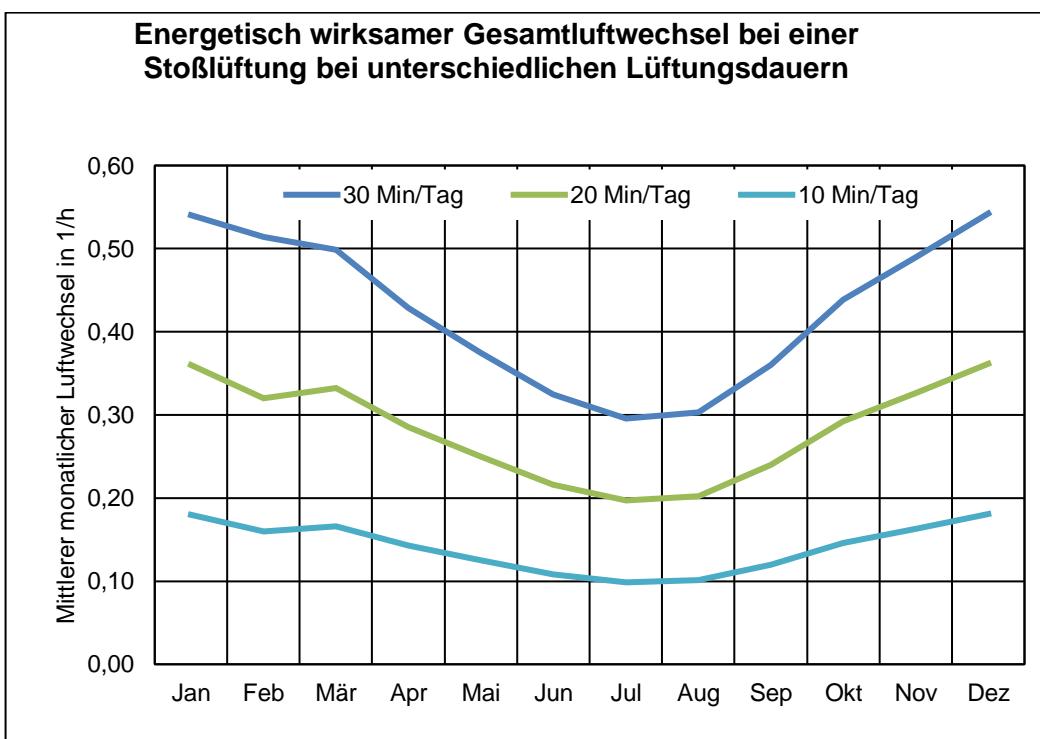


Abbildung 24: mittlere energetisch wirksame Luftwechsel für ein 38 m^3 ($= 15 \text{ m}^2$) großes Schlafzimmer, das über 30 Minuten, 20 Minuten bzw. 10 Minuten über das vollständig geöffnete Normfenster (lichtes Öffnungsmaß: $0,99 \times 1,24 \text{ m}$) pro Tag belüftet wird, Klimastandort Potsdam gemäß DIN V 18599-10.

Abbildung 24 zeigt die Auswirkung einer kürzeren täglichen Lüftungsdauer über Stoßlüftung auf den sich daraus ergebenden mittleren Luftwechsel. Wie lange die Fenster zu öffnen sind, ergibt sich aus dem Dämmstandard, der tatsächlichen Nutzung des Schlafzimmers und den sich daraus ergebenden Feuchtelasten und hygienischen Anforderungen an die Lüftung. In Abschnitt 6.2 wird dazu ein konkretes Beispiel gerechnet.

2.3.2 Energiebedarf versus Energieverbrauch

In der Regel erfolgt eine Bewertung von unterschiedlichen Lüftungssystemen nach dem prognostizierten Energiebedarf. Dabei wird bei der Berechnung, wie z.B. in den aktuellen Empfehlungen des Umweltbundesamtes [26], von standardisierten Randbedingungen ausgegangen. In die Energiebilanz fließen dabei ein:

- Standard-Luftwechsel durch das Lüftungssystem,
- Hilfsenergiebedarf von Ventilatoren, Regelung und anderen Komponenten nach Standardbedingungen oder Herstellerkennwerten und
- Abluftwärmeverwendung.

Für die Energiebedarfsberechnung nach [19] wird bei der Fensterlüftung davon ausgegangen, dass durch das Öffnen der Fenster durch die Nutzer, gegenüber der ventilatorgestützten Lüftung ein höherer Luftwechsel erzeugt wird, *Abbildung 22*. Bei der ventilatorgestützten Lüftung wird davon ausgegangen, dass in der Heizperiode die Fenster nicht wesentlich geöffnet werden und dass der erzeugte Luftwechsel im Gebäude durch das Lüftungssystem geregelt wird.

Der tatsächliche Energieverbrauch kann vom prognostizierten Energiebedarf jedoch erheblich abweichen, da sowohl ein abweichendes Nutzerverhalten als auch die Nutzung des Lüftungssystems selbst Einfluss auf den Energieverbrauch haben:

- Der individuelle Frischluftbedarf der Nutzer ist höher oder geringer als der geplante mittlere Luftwechsel.
- Die Nutzer öffnen während der Heizperiode ungeplant die Fenster oder unterlassen das Fensteröffnen.
- Durch das Nutzerverhalten wird gegenüber der Bedarfsrechnung ein höherer oder geringerer mittlerer Luftwechsel erzeugt.
- Durch Wind oder thermische Einflüsse auf das Lüftungssystem wird ein höherer oder geringerer mittlerer Luftwechsel erzeugt.
- Der Hilfsenergiebedarf der gebauten Anlage weicht von den Standardrandbedingungen oder den Herstellerkennwerten ab.

Die energetischen Kennwerte von Lüftungssystemen wie die Leistungsaufnahme berücksichtigen i.d.R. keine im Betrieb auftretenden Verschmutzungen oder Verschleiß. Einfluss auf den Hilfsenergiebedarf des Lüftungssystems haben:

- Luftleitungsnetz,
- Filterverschmutzung und
- Verschmutzung der Luftleitungen und des Lüftungsgeräts.

Die Abweichungen der Nutzung von der Planung und dem damit einhergehenden abweichenden Energieverbrauch betrifft alle Lüftungssysteme, sowohl die Lüftung über Fenster als auch die ventilatorgestützte Lüftung. Als Beispiel sei hier die Fensterlüftung angeführt, eine genauere Berechnung erfolgt in den Beispielen des *Abschnitts 6*:

In der Primärenergiebedarfsberechnung ([21], [22]) werden die Lüftungswärmeverluste über Fenster in der Heizperiode mit einem mittleren Luftwechsel von $0,7 \text{ h}^{-1}$ angenommen, wenn keine Dichtheitsprüfung der Gebäudehülle erfolgt. In einer 70 m^2 -Wohnung entspricht das einem Außenluftvolumenstrom in Höhe von:

$$q_{v,\text{Lüftung}} = 70 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ m} \times 0,7 \text{ h}^{-1}$$

$$q_{v,\text{Lüftung}} = 122,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bei einem gesundheitlich notwendigen Außenluftbedarf von $30 \text{ m}^3/\text{h}$ je Person wird damit der hygienische Außenluftbedarf von 4 Personen abgedeckt. Ob diese Lüftungswärmeverluste in der aus diesem Außenluftvolumenstrom abgeleiteten Höhe auftreten, hängt jedoch von der tatsächlichen Nutzung der Wohnung ab:

- Wird die Wohnung tatsächlich von 4 Personen bewohnt?
- Wie lange sind die 4 Personen zeitlich gleichzeitig anwesend?
- Wie lange sind einzelne Personen abwesend?
- Werden die Nutzer die Fenster überhaupt und wenn ja, wie lange öffnen?

Auch wenn die energetische Bewertung berücksichtigen soll, dass Nutzer auch ein übermäßiges Lüften über Fenster erzeugen können (und somit tendenziell der Luftwechsel auf der sogenannten sicheren Seite liegt), ist es fraglich, ob bei über Fenster gelüfteten Gebäuden die unter Standardrandbedingungen prognostizierten Lüftungswärmeverluste nach [21] und [23] tatsächlich in der Höhe auftreten.

2.3.3 Kosten-Nutzen-Beispiel

Zur Entscheidung für oder gegen ein Lüftungssystem werden oft die eingesparten Lüftungswärmeverluste den Investitionskosten gegenübergestellt. Bei der Entscheidung, welches Lüftungssystem für das konkrete Bauvorhaben geeignet ist, müssen jedoch die Gesamtkosten berücksichtigt werden, in denen alle anfallenden Kosten zusammengefasst werden:

- Investitionskosten
- Lüftungswärmeverluste
- Hilfsenergiebedarf
- Wartungskosten



Abbildung 25: Wohnungszentrales Zu- / Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung

Als Beispiel soll folgendes Bauvorhaben dargestellt werden:

| | | |
|---|--|----------------|
| Bauvorhaben: | Wohnung im Mehrfamilienhaus | |
| Fläche A _N : | 120 m ² | |
| Lüftungssystem: | wohnungszentrales Zu-/Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung Außen- und Fortluft werden über die Fassade geführt | |
| Investitionskosten geschätzt nach [26]: | 40 bis 70 €/m ² , gewählt 55 €/m ² | |
| | | 6.600 € |

Eingaben: Lüftung

| | |
|--|--|
| L1. Art der Anlage und Bedarfsführung | bedarfsgeführte Anlage? |
| zentrale Zu-/Abluftanlage mit Verteilleitungen im beheizten Bereich | bedarfsgeführte Anlage (Feuchte, CO ₂ o.ä.) |
| L2. Geplanter Anlagenluftwechsel | |
| Anlagenluftwechsel bei Bedarfsführung nA=0,35 h ⁻¹ (Standardfall) | |
| L3. Art der Wärmeübergabe | |
| Zulufttemperatur über 20°C; Luftauslässe im Außenwandbereich; Einzelraumregelung | |
| L4. Erzeugung - Wärmerückgewinnung (WRG) | |
| Wärmeübertrager Zuluft/Abluft mit Wärmerückgewinnungsgrad 80% und mehr | |
| L5. Erzeugung - Wärmepumpen (WP) | |
| keine Wärmepumpe vorhanden | |
| L6. Erzeugung - Heizregister (HR) | Erzeuger für Heizregister: |
| kein Heizregister vorhanden | kein Heizregister vorhanden |
| L7. Erzeugung - Hilfsenergie | |
| Gleichstromventilator (DC) | |

Abbildung 26: Randbedingungen für die Energiebedarfsberechnung, Anteil Lüftung

| | |
|--------------------------------|--|
| Energetischer Nutzen Lüftung: | 15,83 kWh/(m ² a), Q_{l,nutz} ~ 1.900 kWh/a |
| Stromaufwand: | $Q_{L,g,HE} = 2,29 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, Q_{L,g,HE} = 275 kWh/a |
| Nutzen Heizenergiekosten in €: | 1.900 kWh/a * 0,10 €/kWh, 190 €/a |
| Stromaufwand in €: | 275 kWh/a * 0,30 €/kWh, 83 €/a |
| Durchschnittliche Einsparung: | 190 €/a – 83 €/a, 107 €/a |
| Wartungskosten: | Filterwechsel 2 x pro Jahr Filtersatz (Zu-/Abluft) geschätzt 27,- € [27] ca. 54,- €/a |
| | Reinigung Lüftungssystem und Luftleitungen nach 5 Jahren, geschätzt 8 h x 66,81 €/h [28], 535,- € jährliche Wartungskosten, ca. 161,- €/a |

Die jährlichen Wartungskosten sind höher als die durchschnittliche Einsparung.

Das Beispiel zeigt, dass eine wirtschaftliche Darstellung dieses Systems bei den derzeitigen Energiekosten nicht möglich ist, wenn die Wartungskosten berücksichtigt werden.

Aus diesen Gründen können allein anhand einer pauschalisierten Betrachtung des Energiebedarfs und der Investitionskosten keine Aussagen zur Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit erfolgen.

2.4 Schallschutzaspekte

Der Schallschutz betrifft in Bezug auf Lüftungsmaßnahmen sowohl den Schallschutz gegenüber Außenlärm, die Schallentstehung als auch die Schallübertragung innerhalb der Wohneinheit. Dazu definiert DIN 4109-1 [29] zum Teil Mindestanforderungen.

Das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß der Außenbauteile ergibt sich unter Berücksichtigung des lokal vorhandenen maßgeblichen Lärmpegels L_a , der durch Schallmessungen oder Berechnungen bestimmt oder z.B. Lärmkarten entnommen werden kann. Dabei ist darauf zu achten, dass die Lärmkarte Beurteilungspegel L_r enthält, weil nur auf diese Grundlage der maßgebliche Außenlärmpegel L_a zu bestimmen ist. Die weit verbreiteten Lärmkarten, die einen Tag-Abend-Nacht-Lärmindex L_{DEN} erhalten, dürfen nicht verwendet werden. L_{DEN} -Karten sind lediglich für eine erste Einschätzung der Lärmbelastung verwendbar.

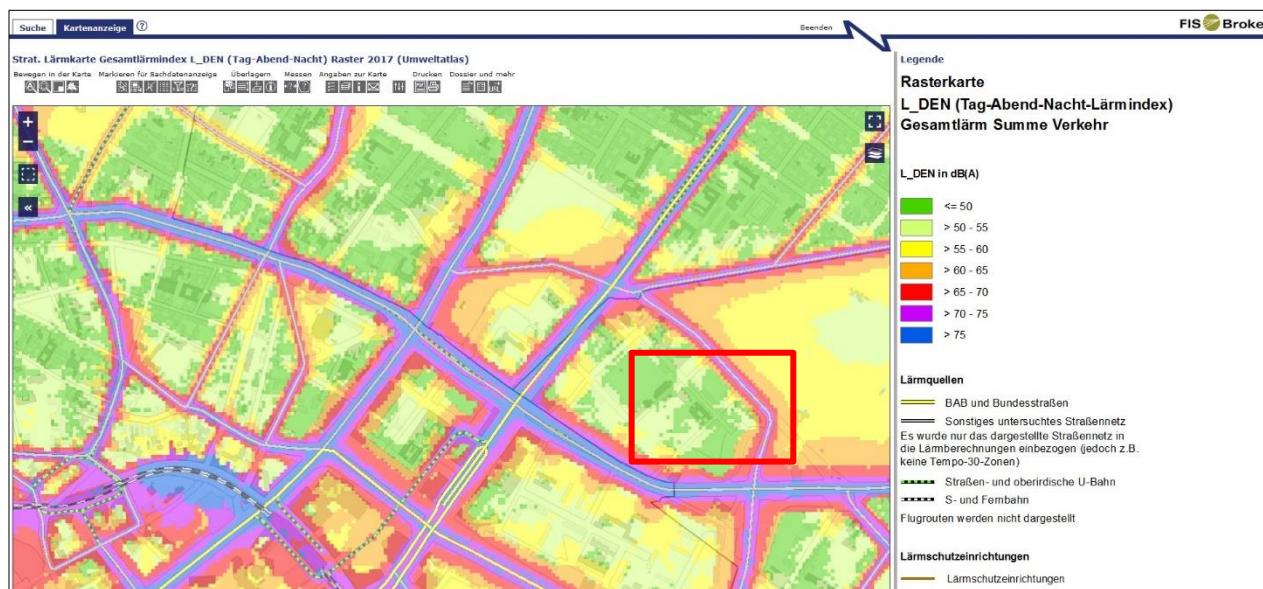


Abbildung 27: Lärmkarte Berlin Umgebung Alexanderplatz mit L_{DEN} -Werten können für eine erste Einschätzung des Außenlärmes verwendet werden) [30]

Wie in *Abbildung 27* und *Abbildung 28* erkennbar, ist der Außenlärmpegel lokal sehr unterschiedlich. Für den Planungsprozess ist es daher einerseits wichtig, schutzbedürftige Räume, wie z.B. Schlafzimmer möglichst von der Lärmimmission abgewandt zu planen.



Abbildung 28: Fassadenpegel Gesamtlärm L_N (Nacht), Ausschnitt aus Lärmkarte Berlin, Abbildung 27 [31]

Im Hinblick auf die Lüftung muss andererseits geprüft werden, welche Gründe für einen Luftaustausch bestehen. Hierbei ist zu prüfen, ob ein kontinuierliches oder diskontinuierliches Lüftungserfordernis besteht. Wie in 2.1 bereits erwähnt, kann aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes eine lüftungstechnische Maßnahme erforderlich sein. In Räumen, bei denen diese über gekippte Fenster erfolgen soll, müssen die schallschutztechnischen Konsequenzen geprüft werden.

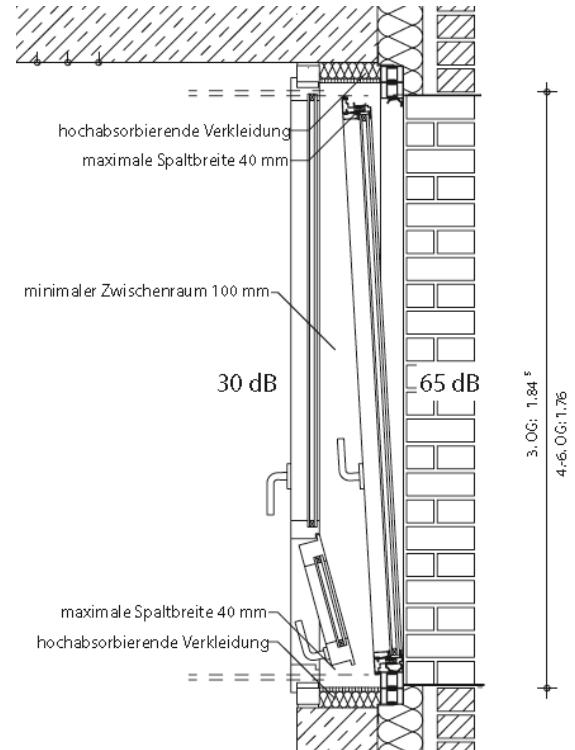


Abbildung 29: Labormessung am „HafenCity-Fenster“ und konstruktive Einbindung [32], Fotoquelle: Grundstücksgesellschaft Shanghaiallee / HafenCity GbR und Zeichnung: Wandel Lorch Architekten

Am Beispiel des sogenannten „HafenCity-Fensters“ ist erkennbar, dass es schallschutztechnisch optimierte Lösungen gibt. Allerdings besteht ein grundsätzliches Dilemma darin, dass Maßnahmen zur Optimierung des Schallschutzes immer auch eine Reduktion des Luftvolumenstroms mit sich bringen. Deshalb ist gleichzeitig zu prüfen, inwieweit mit der schalltechnischen Ertüchtigungen die notwendigen Volumenströme erbracht werden können.



Abbildung 30: Konfliktsituation beim innerstädtischen Wohnen und kontinuierlichen Lüften über Fenster - Lösungsmöglichkeit über Außenbauteil-Luftdurchlass mit schallabsorbierender Einlage

Werden in den Außenbauteilen Lüftungseinrichtungen vorgesehen, die eine Lüftung der Wohnräume gewährleisten sollen, muss dabei nach [29] folgendes beachtet werden:

„Bauliche Maßnahmen an Außenbauteilen zum Schutz gegen Außenlärm sind nur wirksam, wenn die Fenster und Türen bei der Lärmeinwirkung geschlossen bleiben und die geforderte Luftschalldämmung durch zusätzliche Lüftungseinrichtungen/Rolladenkästen nicht verringert wird. Bei der Berechnung des Schalldämm-Maßes $R'_{w,ges}$ sind zur vorübergehenden Lüftung vorgesehene Einrichtungen (z. B. Lüftungsflügel und -klappen) im geschlossenen Zustand, zur dauernden Lüftung vorgesehene Einrichtungen (z.B. schallgedämpfte Lüftungsöffnungen, auch mit maschinellem Antrieb) im Betriebszustand zu berücksichtigen.“

Bei der Lüftung sind auch interne Schallschutzaspekte zu berücksichtigen. Lüftungsgeräte strahlen den Schall sowohl in den Raum ab, als auch in die gegebenenfalls vorhandenen Luftleitungen. Dabei muss nach [29] folgendes beachtet werden:

„Bei den im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich fest installierten technischen Schallquellen, die (bei bestimmungsgemäßem Betrieb) nicht vom Bewohner selbst betätigt bzw. in Betrieb gesetzt werden, sind die in Tabelle 10 genannten Anforderungen einzuhalten.“

| Geräuschquellen | Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel [dB] | |
|--|---|----------------------------------|
| | Wohn- und Schlafräume | Küchen |
| Fest installierte technische Schallquellen der Raumlufttechnik im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich | $L_{AF,max,n} \leq 30^{a,b,c,d}$ | $L_{AF,max,n} \leq 33^{a,b,c,d}$ |
| a Einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Ein- und Ausschalten der Anlagen auftreten, dürfen maximal 5 dB überschreiten. b Voraussetzungen zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels: — Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen an den Schallschutz berücksichtigen, d. h. zu den Bauteilen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen; — außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Bekleiden der Installation hinzugezogen werden. c Abweichend von DIN EN ISO 10052:2010-10, 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4). d Es sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt. | | |

Tabelle 5: DIN 4109-1, Tabelle 10 – Anforderungen an maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich [29],

Bei den in Tabelle 5 aufgeführten Werten handelt es sich um bauordnungsrechtlich vorgeschriebene Mindestanforderungen. In Wohnungen mit erhöhtem Schutzanspruch (z.B. Komfort- oder Luxusstandard) werden ggf. geringere Pegel erwartet (vgl. hierzu auch DIN 4109-5 [33], VDI 4100 [34], DEGA 103 [35]). Die einzuhaltenden Schalldruckpegel sind durch entsprechende Geräteauswahl sicherzustellen.

Ein weiterer, den Schallschutz im Gebäudeinneren betreffender Aspekt ist die Luftschallübertragung zwischen den Räumen einer Wohnung. Besteht innerhalb der Wohneinheit ein Raumluftverbund, kann es zu einer Schallübertragung zwischen den Räumen kommen. Davon betroffen sind gegebenenfalls:

- die Luftschallübertragung von Raum zu Raum über das Kanalsystem. Hier ist durch richtig ausgelegte Schalldämpfer für einen ausreichenden Schallschutz zu sorgen.
- Verstärkung der Luftschallübertragungen durch Zimmertüren aufgrund vergrößerter Bodenfugen. Bei Zimmern, die durch Türen unmittelbar (ohne trennenden Flur) miteinander verbunden sind, ist ein befriedigender Luftschallschutz durch einfache Überström-Systeme nicht zu gewährleisten.

3 Technische Regeln oder Bestimmungen und sonstige Erkenntnisquellen zum Mindestmaß eines Luftaustausches

3.1 Lüftungskonzept – Was ist das?

Vielfach wird die Forderung nach einem Lüftungskonzept aufgestellt, es ist jedoch nicht immer klar, was die Vertragsbeteiligten unter diesem Begriff verstehen.

Auf den lateinischen Ursprung des Wortes „*concipere*“ zurückführend, handelt es sich bei einem Konzept um einen Gedanken oder eine Vorstellung, der Duden spricht im Herkunftswörterbuch auch von einem „skizzenhaften, stichwortartigen Entwurf“.

Die KfW fordert von den Energieeffizienz Experten (z.B. [36]) im Rahmen der Energieberatung u.a. ein Lüftungskonzept und versteht darunter:

„*Die Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen prüfen (Lüftungskonzept z.B. unter Anwendung der DIN 1946-6) und den Bauherren über das Ergebnis informieren.*“

Der Bezug zur DIN 1946-6 ist beispielhaft und somit nicht abschließend formuliert. Die DIN 1946-6 befindet sich nicht auf der Liste der jeweils von Ländern veröffentlichten Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen (VVTB).

In der Liste der Technischen FAQ [37] ist etwas näher erläutert, was die KfW damit meint:

„*Gemäß EnEV § 6 Absatz 2 sind zu errichtende Gebäude so auszuführen, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist. Darüber hinaus ist auch im Rahmen geförderter Sanierungsmaßnahmen, die die Luftdichtheit eines Gebäudes erhöhen (z. B. Fensteraustausch, Dachdämmung), die Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen zur Vermeidung von Tauwasser- und Schimmelpilzbildung zu prüfen. (...) Als Mindestanforderung ist anhand des Lüftungskonzeptes festzustellen, ob lüftungstechnische Maßnahmen zur Sicherstellung des Feuchtschutzes notwendig sind.*“

Das Ergebnis der Prüfung wird dem Auftraggeber mitgeteilt, der entscheidet, ob lüftungstechnische Maßnahmen vorgesehen werden sollen, die über das Lüften über das Fenster hinausgehen.

DIN 1946-6 Lüftung von Wohnungen [38], die den Begriff des „Lüftungskonzepts“ stark geprägt hat (jedoch hiermit keinen Alleingeltungsanspruch erheben kann), definiert ein Lüftungskonzept in folgender Form:

„*Das Lüftungskonzept umfasst die Feststellung der Notwendigkeit von lüftungstechnischen Maßnahmen, einen Vorschlag für ein nutzerunabhängig wirksames Lüftungssystem sowie die Festlegung der ggf. notwendigen weiteren nutzerabhängigen Lüftungsmaßnahmen. Dabei sind bauphysikalische, lüftungs- und gebäudetechnische Erfordernisse sowie auch Anforderungen der Hygiene zu beachten. Ziel ist mindestens die Sicherstellung des Bautenschutzes (Schimmelpilzvermeidung) durch nutzerunabhängige Einhaltung der Lüftung zum Feuchteschutz unter üblichen Nutzungsbedingungen (teilweise reduzierte Feuchtelasten) sowie die Bereitstellung von gesundheitserhaltender Atemluft.*“

Aus den in Abschnitt 2 gemachten Ausführungen wird deutlich, dass die Aufgaben des Lüftens sehr vielfältig sein können und ganz bestimmt nicht immer aus in gleichem Umfang wirksamen Randbedingungen abzuleiten sind.

Unter einem Lüftungskonzept kann man deshalb - kurz gefasst - verstehen:

- Die weitergehende inhaltliche Zusammenstellung der verschiedenen Anforderungen an die Lüftung, sowie
- die Darstellung der möglichen Lüftungsoptionen zur Lösung der sich aus dem Einzelfall ergebenden Aufgaben und Bedürfnisse.

Selbstverständlich kann das Lüftungskonzept auch nutzerabhängige Lüftungssysteme beinhalten, zumal auch nicht nachvollziehbar ist, warum der Nutzer zwar als Feuchtequelle in DIN 1946-6 betrachtet wird, die Lösung, sprich die Abfuhr von Feuchtigkeit nicht durch den Nutzer selbst erfolgen kann.

Es darf beim Lüftungskonzept nicht vergessen werden, dass das Nutzerverhalten sowohl bei der Verwendung von nutzerunabhängigen Lüftungssystemen als auch bei der nutzerabhängigen Lüftung über Fenster maßgeblich ist. Beide Systemarten können manipuliert oder gar sabotiert werden. Deshalb sollte das Lüftungskonzept mit dem Auftraggeber / Besteller im Hinblick auf Folgen und Risiken abgestimmt werden.

Das Lüftungskonzept kann über ein stufiges Vorgehen erfolgen, wie es nachfolgend in *Abbildung 31* vorgestellt wird.

Stufenplan für ein Lüftungskonzept

1. Stufe: Gesetzliche Anforderungen

- Landesbauordnung und Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
- Bauaufsichtliche Richtlinie für fensterlose Bäder, Küchen und Toiletten
- Feuerstättenverordnung
- Schallschutz gegenüber Außenlärm nach z.B. DIN 4109
- Anforderungen an den Mindestwärmeschutz und den Mindestluftwechsel und auch der Luftwechsel zur Entspeicherung von Bauteilen nach DIN 4108-2
- Strahlenschutzgesetz

2. Stufe: technische Randbedingungen und Anforderungen des Bestellers

- Feuchtebeanspruchung (nutzerunabhängig / nutzerabhängig)
- Schadstoffe aus Herstellung, Fügetechniken, Mobiliar oder Umgebung
- Schallschutzanforderungen intern / extern
- Energetische Konzeption oder Anforderungen
- Brandschutzanforderungen
- Robustheit im Hinblick auf die Betriebsphase
- ökonomischer Rahmen für die Investition
- Nutzerfreundlichkeit
- Folgekosten, für Betrieb, Wartung und Instandhaltung
- Lebensdauer
- Weitere spezielle Wünsche des Bestellers

3. Stufe: Identifizierung von Zielkonflikten zwischen Stufe 1 und 2

4. Stufe: Feststellung von möglichen Lüftungssystemen und Erläuterung der Vor- und Nachteile, Darstellung möglicher Risiken

- Fensterlüftung
- Fenster + Einsatz freier Lüftungssysteme
- Fenster + ventilatorgestütztes Lüftungssystem
- Ventilatorgestütztes Lüftungssystem + Fenster

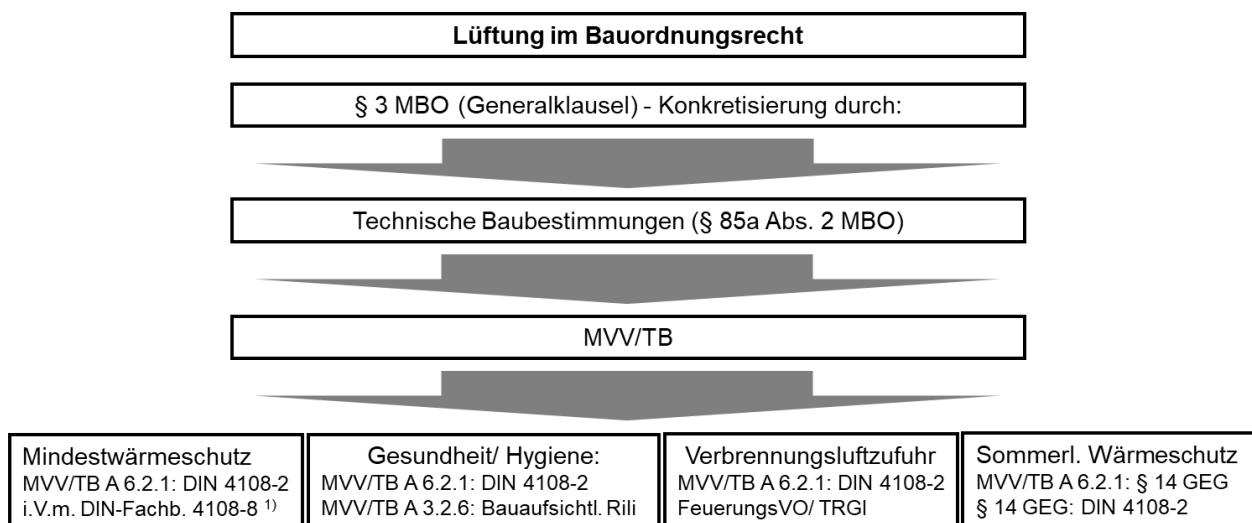
Abbildung 31: Stufenplan für ein Lüftungskonzept

Die Umsetzung in eine detaillierte Planung erfolgt, nachdem der Auftraggeber auf Basis des Lüftungskonzeptes „entscheidungsfähig“ gemacht wurde.

3.2 Verordnungen, Normen und Regeln zum Lüften

Es existiert eine Vielzahl von Regelungen und technischen Erkenntnisquellen hinsichtlich des Themas Lüftung. Diese sind entweder in öffentlich-rechtlichem Zusammenhang umzusetzen oder können als mögliches „Handwerkszeug“ genutzt werden, Konzeptionen oder Strategien zu entwickeln, um einem Auftraggeber behilflich zu sein, eine angemessene Lösung zu finden.

In Abbildung 32 wird der bauordnungsrechtliche Zusammenhang dargestellt.



¹⁾ DIN Fachbericht 4108-8 wurde zwischenzeitlich überarbeitet und wird 2021 als DIN / TS 4108-8 veröffentlicht

Abbildung 32: Übersicht zu öffentlich-rechtlichen Regelungen zum Thema Lüftung

3.2.1 LBO/MBO, VVTB

Da Bauen „Ländersache“ ist, sollte die Suche nach entsprechenden Regelungen aus öffentlich-rechtlicher Sicht in den Landesbauordnungen (LBO) und den Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen (MVV / TB) [39] beginnen.

In der aktuellen Musterbauordnung (MBO) [40] finden sich zum Thema Lüftung verschiedene Regelungen.

§ 41 beschäftigt sich näher mit der Beschaffenheit von Lüftungsanlagen aus brandschutztechnischer und hygienischer Sicht sowie aus allgemeiner Betriebssicherheit (Abwehr von Gefahren von Menschen und Gebäuden) und gilt, wenn Lüftungsanlagen vorgesehen werden. In § 43 werden sanitäre Anlagen, in § 47 Aufenthaltsräume und § 48 ganz allgemein Wohnungen angesprochen.

Auszugsweise sind hier die Passagen zitiert, die eine Lüftung erforderlich machen.

§ 43 Sanitäre Anlagen, Wasserzähler

Fensterlose Bäder und Toiletten sind nur zulässig, wenn eine wirksame Lüftung gewährleistet ist.

§ 47 Aufenthaltsräume

(2) Aufenthaltsräume müssen ausreichend belüftet und mit Tageslicht belichtet werden können. Sie müssen Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens 1/8 der Netto-Grundfläche des Raumes einschließlich der Netto-Grundfläche verglaster Vorbauten und Loggien haben.

§ 48 Wohnungen

(1) Jede Wohnung muss eine Küche oder Kochnische haben. Fensterlose Küchen oder Kochnischen sind zulässig, wenn eine wirksame Lüftung gewährleistet ist.

Aus diesen Hinweisen ergibt sich die Sichtweise der Bauordnung, dass Räume mit (ausreichend großen) Fenstern als ausreichend belüftbar gelten können und nur für fensterlose Küchen, Bäder und Toilettenräume dafür eine wirksame Lüftung notwendig wird. In den „Verwaltungsschriften Technische Baubestimmungen“ (VVTB) [39] werden die anzuwendenden technischen Regeln näher beschrieben:

1. im Abschnitt: A 3 Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz wird unter A 3.2.6 die „Bauaufsichtliche Richtlinie für fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten“ vom April 2009 und
2. im Abschnitt A 6 Wärmeschutz wird unter A 6.2.1 Wärmeschutz in Gebäuden die „DIN 4108-2“, Ausgabe März 2013 angegeben und
3. in Anlage A 6.2/1 Zu DIN 4108-2 wird für den sommerlichen Wärmeschutz auf die Regelungen der Energieeinsparverordnung (ohne Ausgabedatum) genannt.

3.2.2 Bauaufsichtliche Richtlinie für fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten

Diese Richtlinie [41] stellt Anforderungen an die in fensterlosen Küchen, Kochnischen, Bädern und Toiletten vorzusehenden Lüftung:

„Jeder fensterlose Raum muss unmittelbar durch eine mechanische Lüftungsanlage entlüftet werden können und eine Zuluftversorgung haben.“

Dafür definiert die Richtlinie Volumenströme, die in diesen Räumen durch eine ventilator-gestützte Lüftung sichergestellt werden müssen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass alle fensterlosen Räume, die unter diese Richtlinie fallen, gleichzeitig gelüftet werden können müssen.

Für fensterlose Bäder und Toilettenräume wird definiert, dass, wenn die Wohnung keine fensterlosen Küchen oder Kochnischen aufweisen, Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3:1990-08 die Anforderung dieser Richtlinie ebenfalls erfüllen. Schachtlüftungssysteme fallen nicht unter diese Richtlinie, sie dürfen nur noch im unveränderten Bestand betrieben werden.

3.2.3 DIN 18017-3 Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren

Die Bauaufsichtliche Richtlinie für fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten stellt zwar Anforderungen an den Volumenstrom, jedoch keine Anforderung an das Produkt. Um den Planungs- und Ausschreibungsprozess zu erleichtern, ist deshalb die DIN 18017-3 [43] entstanden. Hier werden neben den Volumenstromanforderungen auch Prüf- und Ausführungsanforderungen definiert.

3.2.4 DIN 4108-2: 2013-02, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

In dieser Norm [45] werden Anforderungen an den Mindestwärmeschutz definiert. Allerdings setzt diese Norm voraus, dass neben der entsprechenden Ausbildung der Bauteile

die Räume auch entsprechend ihrer Nutzung ausreichend beheizt und belüftet werden. Hinsichtlich Lüftung heißt es hier:

„Auf ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen der Hygiene, der Begrenzung der Raumluftfeuchte sowie gegebenenfalls der Zuführung von Verbrennungsluft nach bauaufsichtlichen Vorschriften (z. B. Feueranlagenverordnungen der Bundesländer) zu achten.“

Es wird dann hinsichtlich der erforderlichen Luftwechsel auf den DIN-Fachbericht 4108-8 [44] verwiesen.

Im Abschnitt 8 dieser Norm werden Nachweisverfahren zur Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes beschrieben, die im Kontext öffentlich-rechtlicher Anforderungen einzuhalten sind. Hier besteht neben anderen Einflüssen die Möglichkeit, Übertemperaturen im Innenraum über eine erhöhte oder hohe Nachtlüftung (zur Abfuhr der eingespeicherten Wärme aus dem Baukörper / Entspeicherung) von innen nach außen abzuführen, siehe auch *Abschnitt 4.2*.

Im *Abschnitt 5.5* wird auf die Lüftungsanforderungen des DIN-Fachbericht 4108-8 näher eingegangen.

3.2.5 Gebäudeenergiegesetz

Das Energiesparrecht sieht schon seit 2002 im Rahmen eines öffentlich-rechtlichen Energiesparnachweises die Bonifizierung erfolgreich, dichtheitsgeprüfter Gebäude vor. Dies geschieht auch im neuen Gebäudeenergiegesetz, so dass bei der Ermittlung der Lüftungswärmeverluste unter dieser Voraussetzung die Luftwechselrate reduziert werden kann. Ferner können reglungstechnisch verminderte Luftwechselrate oder Wärmerückgewinnung berücksichtigt werden.

3.2.6 Verbrennungsluftversorgung nach FeuVO und DVGW-TRGI

3.2.6.1 Feuerungsverordnung FeuVO

Je nach Wärmeerzeugungsart können Anforderungen an die Zuführung von Verbrennungsluft bestehen. Die FeuVO [46] unterscheidet in raumluftunabhängige und raumluftabhängige Feuerstätten. Während für raumluftunabhängige Feuerstätten vorausgesetzt wird, dass die Verbrennungsluft der Feuerstätte direkt zugeführt wird und kein Abgas in gefahrdrohender Menge in den Aufstellraum austreten kann, ist für raumluftabhängige Feuerstätten eine Verbrennungsluftversorgung nachzuweisen. Dafür können:

- Türen oder Fenster ins Freie, die geöffnet werden können oder
- ins Freie führende Öffnung

genutzt werden.

3.2.6.2 DVGW-TRGI

Bei Gasfeuerstätten können zusätzlich zur Feuerungsverordnung Anforderungen an die Zuführung von Verbrennungsluft bestehen, die in der Technische Regel für Gasinstallations (TRGI) [47] vom Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. beschrieben werden.

3.2.6.3 Rechnerischer Nachweis der Verbrennungsluftversorgung

DVGW TRGI, DIN 1946-6 Beiblatt 3 [48] und DIN 1946-6 Beiblatt 4 [49] ermöglichen einen rechnerischen Nachweis einer ausreichenden Verbrennungsluftversorgung für Gas- und Feststofffeuerstätten. Aufgrund der in diesen Nachweisen angesetzten Gebäudeundichtigkeit bergen diese rechnerischen Nachweise eine große Unsicherheit. Der Fachverband

Luftdichtheit im Bauwesen e.V. [50] empfiehlt deshalb in jedem Fall die messtechnische Überprüfung, siehe dazu auch *Abschnitt 3.3*.

3.3 Außenluftvolumenstrom über Infiltration

Die Gründe für luftdichtes Bauen sind nicht neu; sie sind im Wärme- und Feuchteschutz begründet und seit vielen Jahrzehnten inhaltlicher Bestandteil der DIN 4108. So findet sich in der DIN 4108-3: 2018-10 der nachfolgende Hinweis:

„7 Hinweise zur Luftdichtheit“

Wände und Dächer müssen luftdicht sein, um eine Durchströmung und Mitführung von Raumluftfeuchte, die zu Tauwasserbildung in der Konstruktion führen kann, zu unterbinden. Dies gilt auch für Anschlüsse und Durchdringungen (z.B. Wand/Dach, Schornstein/Dach) sowie bei Installationen (z.B. Steckdosen) und Einbauteilen. Auch Querströmungen in Belüftungsschichten innerhalb einer Konstruktion zwischen unterschiedlich beheizten Räumen sind zu vermeiden, z. B. durch Abschottung. Zur Luftdichtheit von Bauteilen im Sinne dieser Norm wird auf DIN 4108-7 verwiesen.“

Eine luftdichte Konstruktion ist alternativlos und Undichtheiten können zu fatalen Feuchteschäden führen, *Abbildung 33*.



Abbildung 33: fatale Feuchteschäden in Außenbauteilen hervorgerufen durch Konvektionsströmungen: linkes Foto massive Korrosionserscheinungen und rechtes Foto Fäulnis und Schimmelpilzbildung in Bauteilschichten

Der Kennwert für die Dichtheit bzw. Luftpumplässigkeit der Gebäudehülle wird mittels Differenzdruckverfahren (auch „Blower-Door-Messung“ genannt) ermittelt: Hierzu wird in eine Gebäudeöffnung ein Prüfventilator eingebaut und ein Differenzdruck zwischen innen und außen erzeugt. Bei einem Differenzdruck von 50 Pa wird der Volumenstrom ermittelt und entweder auf das Innenvolumen oder die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogen. Daraus ergeben sich die Dichtheitskennwerte n_{50} und q_{50} .

Achtung: Aus diesen Werten lässt sich jedoch keine Aussage ableiten, wo sich die einzelnen Undichtheiten im Gebäude befinden, d.h. ob sich die Undichtheit genau in dem Raum befindet, indem bestimmungsgemäß Luft ausgetauscht werden soll, oder wie groß der hier vorhandene Volumenstrom ist.

Üblicherweise sind die Fehlstellen in der luftdichten Ebene in den Übergängen / Anschlussbereichen der verschiedenen Gewerke und im Bereich von Durchdringungen zu finden, *Abbildung 34*. Diese Orte für einen bestimmungsgemäßen Volumenstrom zur gezielten Lüftung heranzuziehen, dürfte abgesehen vom feuchteschutztechnischen Risiko eher Glücksache sein.

Sowohl in der DIN 4108-2 [45] als auch in der DIN 4108-3 [51] wird statisch die DIN 4108-7 Luftdichtheit von Gebäuden [52] in Bezug genommen. In dieser Norm werden seit inzwischen zwei Jahrzehnten eine Reihe von Beispielen zur Sicherstellung einer luftdichten Gebäudehülle geliefert.

Darauf aufbauend hat sich 2000 der „Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB)“ gegründet. Der FLiB informiert die Öffentlichkeit, engagiert sich im Zusammenhang mit technischen Regeln und wirkt an Gesetzgebungs- und Normungsverfahren mit.

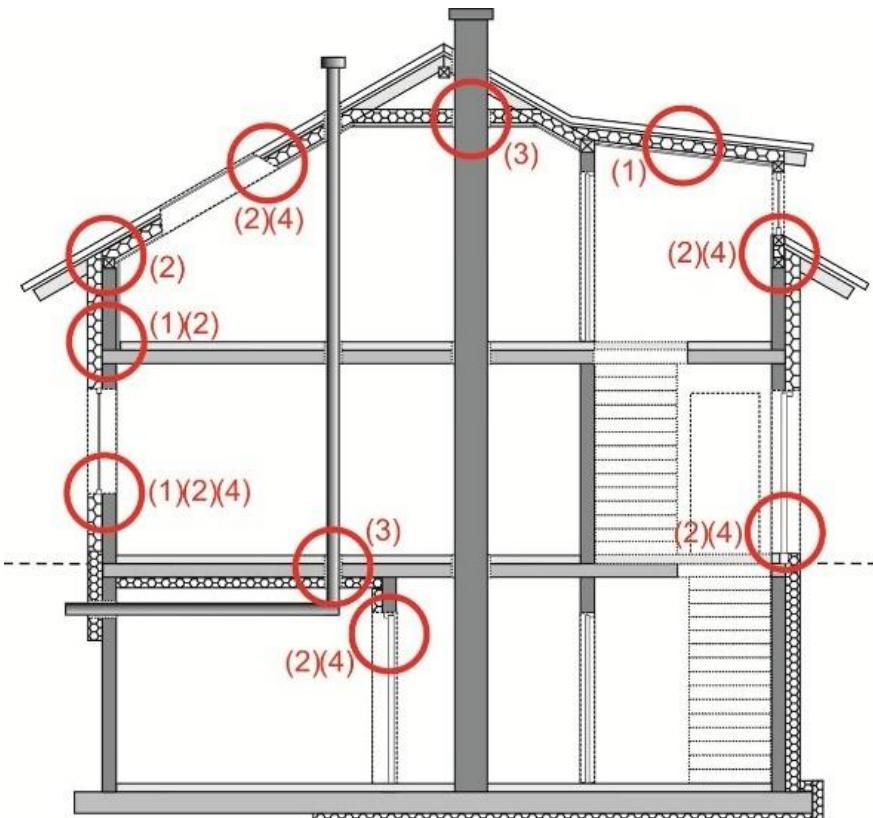


Abbildung 34: Prinzipielle Orte mit Undichtheiten in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, Quelle: FLiB. e.V.

Eine Anrechnung der Infiltration auf den notwendigen Außenluftvolumenstrom darf nach DIN 1946-6 [38] erfolgen und wird auch in DIN / TS 4108-8 [15] nicht ausgeschlossen. Dabei wird der Gebäudekennwert n_{50} genutzt. Diese Vorgehensweise sollte jedoch vom Planer unbedingt kritisch hinterfragt werden!

Achtung: Eine Anrechnung der Infiltration auf den notwendigen Luftaustausch der Wohnung oder des Aufenthaltsraums ist mit sehr großen Unsicherheiten verbunden, denn der für das Gebäude gemessene Kennwert n_{50} oder q_{50} wird in den normativen Berechnungen z.B. in DIN 1946-6 auf einzelne Räume verteilt und daraus ein raumweiser Infiltrationsvolumenstrom abgeleitet. Undichtheiten sind jedoch in den seltensten Fällen gleichmäßig über die Hüllfläche verteilt.

Eine lokale Undichtheit z.B. im Bereich eines Kehlbalkens der luftdichten Ebene im Dachbereich hilft wenig bei der Belüftung des Schlafzimmers einer Wohnung in den darunter liegenden Etagen. Das in diesem Bereich eingesetzte verputzte Mauerwerk ist bei ordnungsgemäßer Ausführung dicht; das sachgerecht eingebaute Fenster ist es ebenfalls.

Daraus folgt, dass der erforderliche Luftaustausch eben nicht über Infiltration in dem Raum sichergestellt wird, in dem er benötigt wird. Ferner können über lokale Undichtheiten insbesondere bei Holzkonstruktionen erhebliche Feuchteschäden auf Grund von Konvektion entstehen.

In den energetischen Bilanzen (nach DIN V 4108-6 als auch DIN V 18599-2) erfolgt eine Anrechnung der über Infiltration hervorgerufenen Lüftungswärmeverluste in Abhängigkeit von der erfolgreichen Messung der Gebäudedichtheit.

Für Gebäude, bei denen eine Gebäudedichtheitsmessung durchgeführt und die Anforderungen der DIN 4108-7 bzw. der energiesparrechtlichen Vorgaben eingehalten sind, ergeben sich in Abhängigkeit vom austauschfähigen Volumen die nachfolgenden Bemessungswerte für die Bilanz DIN V 18599-2:

$V \leq 1.500 \text{ m}^3 \quad V > 1.500 \text{ m}^3$

| | | |
|--|-----------------------------|------------------------------|
| a) Gebäude ohne raumluftechnische Anlage | $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$ | $q_{50} = 3 \text{ mh}^{-1}$ |
| b) Gebäude mit raumluftechnischer Anlage | $n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$ | $q_{50} = 2 \text{ mh}^{-1}$ |

Gebäude, bei denen keine Gebäudedichtheitsmessung vorgesehen ist

$V \leq 1.500 \text{ m}^3 \quad V > 1.500 \text{ m}^3$

| | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Gebäude ohne raumluftechnische Anlage | $n_{50} = 4 \text{ h}^{-1}$ | $q_{50} = 6 \text{ mh}^{-1}$ |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|

Es ergeben sich im Standardfall mit erfolgreichem Nachweis der Gebäudedichtheit in der Energiebilanz folgende Luftwechselanteile über Infiltration:

$V \leq 1.500 \text{ m}^3 \quad V > 1.500 \text{ m}$

| | | |
|--|---------------------------------|----------------------------------|
| a) Gebäude ohne raumluftechnische Anlage | $n_{inf} = 0,14 \text{ h}^{-1}$ | $q_{inf} = 0,21 \text{ mh}^{-1}$ |
| b) Gebäude mit raumluftechnischer Anlage | $n_{inf} = 0,07 \text{ h}^{-1}$ | $q_{inf} = 0,14 \text{ mh}^{-1}$ |

Gebäude ohne raumluftechnische Anlage und ohne Gebäudedichtheitsmessung

| | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Gebäude ohne raumluftechnische Anlage | $n_{inf} = 0,28 \text{ h}^{-1}$ | $q_{inf} = 0,42 \text{ mh}^{-1}$ |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|

Der n_{50} -Wert ergibt sich aus dem bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pascal gemessenen Volumenstrom bezogen auf das beheizte oder gekühlte Luftvolumen. Wird dieser Volumenstrom auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche (Hüllfläche) bezogen, spricht man vom q_{50} -Wert.



Abbildung 35: Durchführung einer Differenzdruckmessung zur Überprüfung eines n_{50} -Wertes, Fotoquelle FLIB e.V..

3.4 Konsequenzen für die Lüftung aus den Verordnungen, Normen und Regeln

Es ergeben sich aus diesen Regelwerken folgende Fragestellungen:

1. Sind die Aufenthaltsräume mit ausreichend großen Fenstern ausgestattet?
Wenn **ja**, dann gelten diese Räume als „lüftbar“.
Wenn **nein**, dann müssen diese Räume „lüftbar“ ausgebildet werden.
2. Gibt es Küchen, Kochnischen, Bäder und Toilettenräume ohne Außenfenster?
Wenn **ja**, dann Umsetzung der Bauaufsichtlichen Richtlinie mit:
 - 2.1 Umsetzung der in der Richtlinie beschriebenen Vorgaben oder wenn nur fensterlose Bäder und Toilettenräume vorhanden sind.
 - 2.2 Anwendung der DIN 18017-3.
Wenn **nein**, gibt es keine weitergehenden Verpflichtungen.
3. Sicherstellung des in DIN 4108-2 beschriebenen Mindestluftwechsels, siehe dazu *Ab schnitt 4* zur DIN 4108-2.
4. Ergibt sich aufgrund der Feuerstätte eine notwendige Verbrennungsluftversorgung?
Wenn **ja**, dann Umsetzung der in der FeuVO bzw. DVGW-TRGI beschriebenen Nachweismöglichkeiten über natürliche Undichtheiten (Infiltration), Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD), Öffnungen ins Freie oder besondere technische Anlagen.
Wenn **nein**, ergeben sich daraus keine Anforderungen an die Lüftung.
5. Wurde im sommerlichen Wärmeschutznachweis mindestens eine erhöhte Nachtlüftung berücksichtigt ($n \geq 2 \text{ h}^{-1}$ oder gar eine hohe Nachtlüftung $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$)?
Wenn **ja**, muss ein Nachweis über die Sicherstellung dieses Nachluftwechsels erfolgen. Dazu kann ein entsprechender Außenluftvolumenstrom entweder über Fensterlüftung, geschossübergreifende Lüftungsmöglichkeit oder die Auslegung einer raumlufttechnischen Anlage berücksichtigt werden.
Wenn **nein**, ergeben sich daraus keine zusätzlichen Anforderungen an die Lüftung.
6. Soll für die zum Bautenschutz notwendige Lüftung ein diskontinuierlicher oder kontinuierlicher Außenluftvolumenstrom angesetzt werden?
Bei **diskontinuierlicher** Lüftung kann, wenn ein rechnerischer Nachweis geführt werden soll, eine Berechnung DIN / TS 4108-8 / + Ad- und Desorption / DIN EN 16798-7 erfolgen.
Bei **kontinuierlicher** Lüftung kann eine Berechnung nach DIN / TS 4108-8 / DIN 1946-6 erfolgen.
7. Soll für die hygienisch notwendige Lüftung ein diskontinuierlicher oder kontinuierlicher Außenluftvolumenstrom angesetzt werden?
8. Soll eine regelungstechnisch verminderte Luftwechselrate oder eine Wärmerückgewinnung in der Energiebilanz berücksichtigt werden?
Wenn **ja**, Auswahl eines geeigneten Lüftungssystems und:
 - Durchführung einer Gebäudedichtheitsmessung und Einhaltung der geforderten Grenzwerte.
 - Sicherstellung einer ausreichenden Regelungsmöglichkeit in den einzelnen Nutzungseinheiten / Wohnungen.
 - Sicherstellung, dass die in der Abluft enthaltene Wärme vorrangig vor der von dem Heizsystem abgegebenen Wärme genutzt werden kann.

Wenn **nein**, ergeben sich keine weiteren Anforderungen für das Lüftungssystem.

4 Mindestluftwechsel zum Bautenschutz

4.1 Was ist unter einem Mindestluftwechsel zum Bautenschutz zu verstehen?

Der Mindestluftwechsel zum Bautenschutz hat sicherzustellen, dass keine den Nutzer oder die Bausubstanz schädigende Feuchtigkeit vorhanden ist.

Dieser Luftwechsel ist nicht allgemeingültig definierbar, da selbst bei derselben Anzahl von Feuchtequellen es einen sehr großen Unterschied macht, ob diese in einem kleinen oder sehr großen Raum abgegeben werden, siehe auch *Abschnitt 2.2.1*. Es kommt also auf die volumenbezogene Feuchteabgabe an.

An der Bauteiloberfläche im Raum soll die relative Feuchte nicht mehr als 70 - 80 % betragen [15], [18]. Eine Feuchtelast derselben Menge führt in einem Raum mit geringem Volumen schneller zu kritischen Feuchten als in einem Raum mit größerem Volumen, da mehr Raumluft vorhanden ist, Feuchtigkeit aufzunehmen.

Beispiel:

$\varphi_{\text{krit}} = 60\% \text{ bei } 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; max. Feuchtegehalt = 10,4 g/m³

Raum 1: A = 20 m²; h = 2,5 m

$$x_{\text{Raum1}} = 20 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 10,4 \text{ g/m}^3$$

$$x_{\text{Raum1}} = 520 \text{ g}$$

Raum 2: A = 20 m²; h = 3,2 m

$$x_{\text{Raum2}} = 20 \text{ m}^2 \cdot 3,2 \text{ m} \cdot 10,4 \text{ g/m}^3$$

$$x_{\text{Raum2}} = 666 \text{ g}$$

Aufgrund der größeren Höhe von Raum 2 kann dieser bei einer Raumtemperatur von 20 °C 146 g mehr Feuchtigkeit aufnehmen als Raum 1.

Sind nutzungsbezogene Feuchtequellen bestimmbar (und liegen keine weiteren Feuchtequellen aus der Bauphase oder aus Bauschäden vor), können nutzungsbezogene Volumenströme definiert werden.

Im Einzelfall ist es sinnvoll, in Abhängigkeit von der Belegungsdichte hieraus abgeleitete erforderliche Volumenströme zu definieren.

Beispiel:

In einem Schlafzimmer mit 50 m³ (= 20 m²) schlafen zwei Menschen. Diese geben pro Stunde rund 100 g Wasser an die Luft ab. Aus der minimalen Oberflächentemperatur (ermittelt unter stationären Randbedingungen bei -5 °C) in der Raumecke ergibt sich bei einer Temperatur der Luft innen von 20 °C eine höchstzulässige Feuchte von $\phi \leq 60\%$. Herleitung über Oberflächentemperatur in der Ecke Traufe / Ortgang

$$\theta_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}, \phi_{\text{max.}} = 60\%, \text{ max. Feuchtegehalt der Innenluft: } 10,4 \text{ g/m}^3$$

$$\theta_e = -5\text{ }^{\circ}\text{C}, \phi_e = 80\%, \text{ Feuchtegehalt der Außenluft: } 02,6 \text{ g/m}^3$$

$$q_{v,\text{min}} \geq 100 / (10,4 - 2,6); q_{v,\text{min}} \geq 12,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_{\text{min}} \geq 12,8 / 50 \text{ m}^3; n_{\text{min}} \geq 0,26 \text{ h}^{-1}$$

Verdoppelte man das zur Verfügung stehende Volumen durch das Öffnen der Zimmertür auf 100 m³ ergibt sich:

$n_{\text{min}} \geq 12,8 / 100 \text{ m}^3; n_{\text{min}} \geq 0,13 \text{ h}^{-1}$, der notwendige Außenluftvolumenstrom zur Abfuhr der Feuchtigkeit bleibt jedoch gleich groß.

Analoge Effekte ergeben sich auch bei der Betrachtung von CO₂ oder auch Geruchstoffen.

Die DIN 4108 ist seit vielen Jahrzehnten (Erstausgabe Juli 1952 [53]) Grundlage für den Bautenschutz. Schon immer wurde hier auf die Wechselwirkungen des Dämmstandards, den notwendigen Luftwechsel und der erforderlichen Heizleistung hingewiesen. Im Hinblick auf die bestimmungsgemäße Abführung von Feuchtigkeit wurde bereits in der Ausgabe von 1952 ausgeführt:

„4.2.2 Ein Atmen der Wände im Sinne einer Lufterneuerung der Innenräume findet nicht statt. Dagegen ist aus hygienischen und bautechnischen Gründen auf der Innenseite der Wände eine gewisse Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf erwünscht;... Die von den Pufferschichten aufgenommenen Feuchtigkeitsmengen sollen in Zeiten mit geringem Feuchtigkeitsgrad wieder an die Raumluft abgegeben werden. Dies wird durch Lüften der Räume (Öffnen der Fenster, Einbau von Lüftungsschächten u dgl.) gefördert.“

Heute gibt es eine ganze Reihe von Normenteilen zu dieser DIN 4108. In der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen sind einige genannt, Abbildung 36:

A 6.2 Technische Anforderungen hinsichtlich Planung, Bemessung und Ausführung an bestimmte bauliche Anlagen und ihre Teile gem. § 85a Abs. 2 MBO¹

| Lfd. Nr. | Anforderungen an Planung, Bemessung und Ausführung gem. § 85a Abs. 2 MBO ¹ | Technische Regeln/Ausgabe | Weitere Maßgaben gem. § 85a Abs. 2 MBO ¹ |
|--|--|---------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| A 6.2.1 Wärmeschutz in Gebäuden | | | |
| | Mindestanforderungen an den Wärmeschutz | DIN 4108-2:2013-02 | Anlage A 6.2/1 |
| | Klimabedingter Feuchteschutz | DIN 4108-3:2014-11 | Anlage A 6.2/2 |
| | Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte | DIN 4108-4:2017-03 | Anlagen A 6.2/3 und A 6.2/4 |
| | Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe | DIN 4108-10:2015-12 | Anlage A 6.2/5 |
| A 6.2.2 | "Harnstoff-Formaldehydharz-Ortschaum für die Wärmedämmung" gestrichen in der MVV TB 2019/1 | | |

Abbildung 36: Technische Baubestimmungen, die bei der Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke zu beachten sind: A 6 Wärmeschutz

Im Kontext mit der Lüftung ist primär die DIN 4108-2 [45] maßgeblich, die nachfolgend schwerpunktmäßig behandelt wird. Hier werden die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz im Winter und im Sommer beschrieben. Der Mindestwärmeschutz ist einzuhalten und nachzuweisen bei:

- zu errichtenden Gebäuden,
- Gebäudeerweiterungen und
- erstmaligen Einbau von Bauteilen in bestehenden Gebäuden.

Zielsetzung des Mindestwärmeschutzes – beschrieben in 3.1.6 - im Winter ist es, dass

„an jeder Stelle der Innenoberfläche der wärmeübertragenden Umfassungsfläche bei ausreichender Beheizung und Lüftung unter Zugrundelegung üblicher Nutzung und unter den in dieser Norm angegebenen Randbedingungen - ein hygienisches Raumklima sicherstellt, so dass Tauwassersfreiheit und Schimmelpilzfreiheit an Innenoberflächen von Außenbauteilen im Ganzen und in Kanten und Ecken gegeben sind. Fenster, Fenstertüren und Türen sind hiervon ausgenommen, nicht jedoch die Einbaufuge zum angrenzenden Bauwerk, der Fenstersturz, die Fensterbrüstung bzw. die Schwelle.“

Der Zusammenhang zwischen „*Schimmelpilzfreiheit*“ und „*ausreichender Beheizung und Belüftung / übliche Nutzung*“ muss anhand eines Beispiels erläutert werden, da die Adjektive „*ausreichend*“ und „*übliche*“ nicht losgelöst vom klimatischen Einzelfall betrachtet werden können.

Wird in einem Raum der Feuchtegehalt der Luft erhöht z.B. durch Nutzungseinflüsse wie Kochen, Duschen, Trocknen der Wäsche im Raum, ergibt sich bei gleichbleibender Temperatur der Luft innen eine Erhöhung der relativen Feuchte und somit eine Erhöhung derjenigen Oberflächentemperatur (θ_{si}), die zur Vermeidung des Schimmelpilzrisikos erforderlich wäre, Fall 1 bis 3 aus *Abbildung 37*.

| Fall | θ_i | P_s | ϕ_i | P_v | ϕ_{si} | P_{si} | θ_{si} in °C |
|------|------------|-------|----------|-------|-------------|----------|---|
| | in °C | in Pa | in % | in Pa | in % | in Pa | |
| 1 | 20 | 2337 | 50 | 1169 | 80 | 1461 | → 12,6 15,4 17,9 9,3 5,2 13,8 |
| 2 | | | 60 | 1402 | | 1753 | |
| 3 | | | 70 | 1636 | | 2045 | |
| 4 | | | 40 | 935 | | 1169 | |
| 5 | | | 30 | 701,1 | | 876 | |
| 6 | | | 17 | 1937 | | 1574 | |

Abbildung 37: Darstellung der Abhängigkeit der erforderlichen Oberflächentemperatur θ_{si} bei geänderter Temperatur der Luft und gleichbleibender relativer Feuchte

Genau umgekehrt verhält sich die Situation, wenn bei gleicher Temperatur der Luft innen eine Reduktion des Feuchtegehalts erfolgt; in diesem Fall ergäbe sich eine geringere erforderliche Oberflächentemperatur entsprechend der Fälle 4 und 5 in *Abbildung 37*. In Räumen, in denen eine Reduktion der Temperatur der Luft bei gleichzeitiger Erhöhung des Feuchtegehalts der Luft erfolgt, ergibt sich entsprechend eine höhere notwendige Oberflächentemperatur Fall 6 in *Abbildung 37*.

Eine notwendige Oberflächentemperatur zur Vermeidung von Schimmelwachstum lässt sich daher nicht ohne Kenntnis des Innenklimas (= Temperatur und relative Feuchte der Luft innen) ableiten.

Zur Sicherstellung einer „*robusten feuchteschutztechnischen Funktionssicherheit*“ ist es ratsam, aus den Erkenntnissen der *Abbildung 37* eine möglichst hohe Oberflächentemperatur sicherzustellen, und zwar insbesondere in den Bereichen, in denen mit einer niedrigen Oberflächentemperatur zu rechnen ist und dies sind Wärmebrücken.

In DIN 4108-2 werden im Abschnitt „6 Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken“ entsprechende Randbedingungen erläutert.

„6.2.1 Anforderung für Kanten bzw. liniенförmige Wärmebrücken“

An der ungünstigsten Stelle ist bei stationärer Berechnung unter den Randbedingungen nach 6.3 mindestens ein Temperaturfaktor von 0,70 / eine Oberflächentemperatur von 12,6 °C einzuhalten. Fenster sind davon ausgenommen.

„6.2.2 Anforderung für Ecken bzw. punktförmige Wärmebrücken“

An der ungünstigsten Stelle ist bei stationärer Berechnung unter den Randbedingungen nach 6.3 mindestens ein Temperaturfaktor von 0,70 einzuhalten. Dies entspricht bei den Randbedingungen nach 6.3 einer einzuhaltenden Mindestinnenoberflächentemperatur von 12,6 °C entsprechend einem f_{Rs_i} von 0,70 nach DIN EN ISO 10211. Fenster sind davon ausgenommen.“

Sowohl im Abschnitt 6.2.1 als auch 6.2.2 wird darauf hingewiesen, dass die angegebene Temperatur unter stationären Randbedingungen gilt, die für wohn- oder wohnähnliche Nutzung in 6.3 beschrieben werden oder im Einzelfall zu bestimmen sind. Stationäre Randbedingungen bedeutet hier, dass mit einer Innen- und Außentemperatur auf Basis DIN EN ISO 10211 gerechnet wird. Es sind dies:

„6.3 Nachweise“

Der Nachweis ist für Wohn- oder wohnähnliche Nutzung mit folgenden Randbedingungen zu führen:

- Innenlufttemperatur $\theta_i = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$;
- relative Luftfeuchte innen $\varphi_i = 50 \text{ %}$; — auf der sicheren Seite liegende, kritische, zugrunde gelegte Luftfeuchte nach DIN EN ISO 13788 für Schimmelpilzbildung auf der Bauteiloberfläche $\varphi_{si} = 80 \text{ %}$;
- Außenlufttemperatur $\theta_e = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$;

Für abweichende Nutzungsrandbedingungen sind die erforderlichen Maßnahmen anhand des Raumklimas festzulegen.“

Aus diesen Hinweisen in 6.3 wird deutlich, dass die klimatischen Randbedingungen für den Nachweis im Einzelfall in Abhängigkeit von den konkreten Nutzungsrandbedingungen anzupassen sind (vergl. auch die Ergebnisse hierzu aus *Abbildung 37*). Hieraus ergibt sich in der Planung die Aufgabe, diese Randbedingungen näher zu definieren.

Aus der Begriffserläuterung des Mindestwärmeschutzes in 3.1.6 ergibt sich die Frage, was unter einer „*üblichen Nutzung*“ zu verstehen ist. Auch dies lässt sich nur im Einzelfall verbindlich definieren. Der in der Norm verwendete Begriff „*Nutzung*“ ist „einengend“ zu verstehen, da für die Planungsphase die Randbedingungen der Nutzung ansonsten sehr weit gefasst werden müssten. DIN / TS 4108-8 [15] nennt Randbedingungen für die in Wohnungen eingebrachten Feuchtelasten (siehe *Tabelle 3*). Daraus kann ein notwendiger Außenluftvolumenstrom abgeleitet werden.

Die übliche Nutzung könnte jedoch auch andere Feuchtelasten erzeugen: So könnte die spezielle Nutzung darin bestehen, dass der Nutzer seine und die Wäsche der gesamten Hausgemeinschaft in seiner 65 m² großen Wohnung trocknet, parallel eine Orchideenzucht betreibt und seine Räume an eine große Anzahl von weiteren Menschen untervermietet hat und ununterbrochen in dieser Wohnung geduscht wird.

Sollten derartige Randbedingungen im Vorfeld für den Planer bekannt und Gegenstand des Planungsauftrages gewesen sein, wird man sich vermutlich zivilrechtlich nicht auf den Begriff des „*üblichen*“ zurückziehen können, da die Randbedingungen sich ja klar aus dem Planungsauftrag ergeben.

In der Begriffserläuterung zum Mindestwärmeschutz fand sich auch der Begriff der „*ausreichenden Belüftung*“. Dieser wird im Kontext mit dem Wärmeschutz im Winter noch einmal näher gefasst:

„4.2 Wärmeschutz im Winter“

4.2.1 Wärmeschutztechnische Maßnahmen bei der Planung von Gebäuden

4.2.3 Hinweise zur Luftdichtheit von Außenbauteilen und zum Mindestluftwechsel

„*Auf ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen der Hygiene, der Begrenzung der Raumluftfeuchte sowie gegebenenfalls der Zuführung von Verbrennungsluft nach bauaufsichtlichen Vorschriften (z. B. Feueranlagenverordnungen der Bundesländer) zu achten. ANMERKUNG Hinweise zu Luftwechseln enthält DIN-Fachbericht 4108-8.*“

Die Notwendigkeit des Luftwechsels wird festgemacht an:

- Hygiene,
- Begrenzung der Raumluftfeuchte und
- ggf. die Zuführung von Verbrennungsluft.

In der Ausgabe der DIN 4108-2 aus dem Juli 2003 war dieser Mindestluftwechsel noch an eine statische Zahl von $0,5 \text{ h}^{-1}$ gekoppelt und entsprechende Planungshinweise konnten aus den damals gültigen DIN 1946-2 und 1946-6 entnommen werden.

In der z.Z. gültigen in der VVTB [39] zitierten Fassung der DIN 4108-2 wird als Planungshilfe auf den DIN-Fachbericht 4108 [44] verwiesen. Dieser Fachbericht wurde überarbeitet und steht kurz vor seiner Veröffentlichung [15]. Zum aus Gründen der Hygiene notwendigen Außenluftvolumenstrom macht der DIN / TS 4108-8 auch in der überarbeiteten Fassung keine Angaben; er gibt nur Angaben zum notwendigen Luftwechsel zur Schimmelvermeidung. Jedoch können die Rechenalgorithmen zur Fensterlüftung der DIN / TS 4108 selbstverständlich auch genutzt werden, um den hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom nachzuweisen.

Empfehlungen für die Planung für Alt- und Neubau

Zu klären sind:

- die zu erwartenden oder vorhandenen Feuchtelasten aus der Nutzung,
- die zu erwartende oder vorhandene Abfuhr von Feuchtelasten durch Lüftung,
- die zu erwartenden oder vorhandenen Temperaturen der Luft innen.

Aus den bestimmten Feuchtelasten und den Temperaturen der Luft innen lassen sich erforderliche Oberflächentemperaturen der Bauteile im Ganzen und in den Kanten und Ecken ableiten, (und umgekehrt) aus den vorhanden Oberflächentemperaturen lassen sich die höchst zulässigen Feuchtegehalte festlegen.

4.2 Mindestluftwechsel zur Sicherstellung des sommerlichen Wärmeschutzes

Obwohl der Fachbericht inhaltlich in engem Zusammenhang mit dem Feuchteschutz steht, können die hier beschriebenen Rechenalgorithmen auch für andere Belange herangezogen werden, wie z.B. der Bemessung eines erhöhten oder hohen Luftwechsels für den sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2, Abschnitt 8, Tabelle 8, Abbildung 38.

Vereinfachter Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

nach DIN 4108-2 : 2013-02. Nachweis für Wohngebäude

| Nutzung | | Wohngebäude | | | |
|--|---------------|-----------------------------------|---|-------|----------------|
| S₁ Nachtlüftung und Bauart | | | | | gewählt: 0,088 |
| Bauart: | leicht | | | | |
| Nachtlüftung: | erhöhte Nacht | ung mit $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$ | | | |
| Klimaregion | | ohne | B | C | |
| Klimaregion ankreuzen | | erhöhte Nachtlüftung | hohe Nachtlüftung mit $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$ | x | |
| Nachtlüftung | | Bauart | | | |
| ohne | leicht | | 0,071 | 0,056 | 0,041 |
| | mittel | | 0,080 | 0,067 | 0,054 |
| | schwer | | 0,087 | 0,074 | 0,061 |
| erhöhte Nachtlüftung mit $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$ | leicht | x | 0,098 | 0,088 | 0,078 |
| | mittel | | 0,114 | 0,103 | 0,092 |
| | schwer | | 0,125 | 0,113 | 0,101 |
| hohe Nachtlüftung mit $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$ | leicht | | 0,128 | 0,117 | 0,105 |
| | mittel | | 0,160 | 0,152 | 0,143 |
| | schwer | | 0,181 | 0,171 | 0,160 |

Abbildung 38: Auszug aus einem Rechenprogramm mit Bemessungswerten gemäß Tabelle 8 der DIN 4108-2 – Büro für Bauphysik

Eine weitere Schnittmenge zur DIN 4108-2 ergibt sich aus dem Zusammenhang des energiesparrechtlichen Nachweises im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz. Seit der Neufassung der DIN 4108-2 wird die schon in der alten Ausgabe genannte „erhöhte Nachtlüftung“ mit einem Luftwechsel von $\geq 1,5 \text{ h}^{-1}$ auf einen Wert von $\geq 2 \text{ h}^{-1}$ gekoppelt und darüber hinaus auch ein hoher Nachtluftwechsel mit $\geq 5 \text{ h}^{-1}$ angegeben.

Unter DIN 4108-2, Abschnitt 4.3.5 Nachtlüftung heißt es grundsätzlich:

„Das sommerliche Raumklima wird durch eine intensive Lüftung der Räume insbesondere während der Nacht- oder frühen Morgenstunden verbessert. Entsprechende Voraussetzungen (z.B. zu öffnende Fenster, geeignete Einrichtungen zur freien Lüftung) sollten daher vorgesehen werden. Eine Nachtlüftung kann auch mit einer raumlufttechnischen Anlage erfolgen.“.

Ganz gleich, welche „Strategie zur Nachtlüftung“ realisiert werden soll, es ist wichtig, den Luftwechsel näher zu konkretisieren bzw. auszulegen. Sowenig wie man davon ausgehen kann, dass z.B. eine Abluftanlage ohne entsprechende Auslegung der Volumenströme die erforderlichen Luftwechsel sicherstellt, so wenig kann vom Fenster behauptet werden, dass dieses die Anforderungen erfüllt, wenn das Fenster zu öffnen ist. Dagegensprechen können beispielsweise Aspekte des Außenlärms oder des Einbruchschutzes.

In jedem Fall sollte exemplarisch für kritische Räume der sommerliche Wärmeschutznachweis frühzeitig geführt werden. Im Hauptabschnitt „4.3 Wärmeschutz im Sommer“ der DIN 4108-2 wird darauf hingewiesen, dass,

„nicht unzumutbare Temperaturbedingungen in Gebäuden entstehen“. ...

Es soll daher *„bereits in der Planungsphase eines Gebäudes der sommerliche Wärmeschutz mit einbezogen werden, damit bereits durch bauliche Maßnahmen weitgehend verhindert wird, dass unzumutbare hohe Innentemperaturen entstehen.“*

Die Nachtlüftung ist eine wesentliche Einflussgröße, Übertemperaturen in Räumen zu vermeiden. Besonders effizient ist eine erhöhte oder hohe Nachtlüftung in Kombination mit Maßnahmen zur Reduktion des Sonneneintrags ($g_{\text{tot}} \leq 0,4$) tagsüber, Abbildung 39.

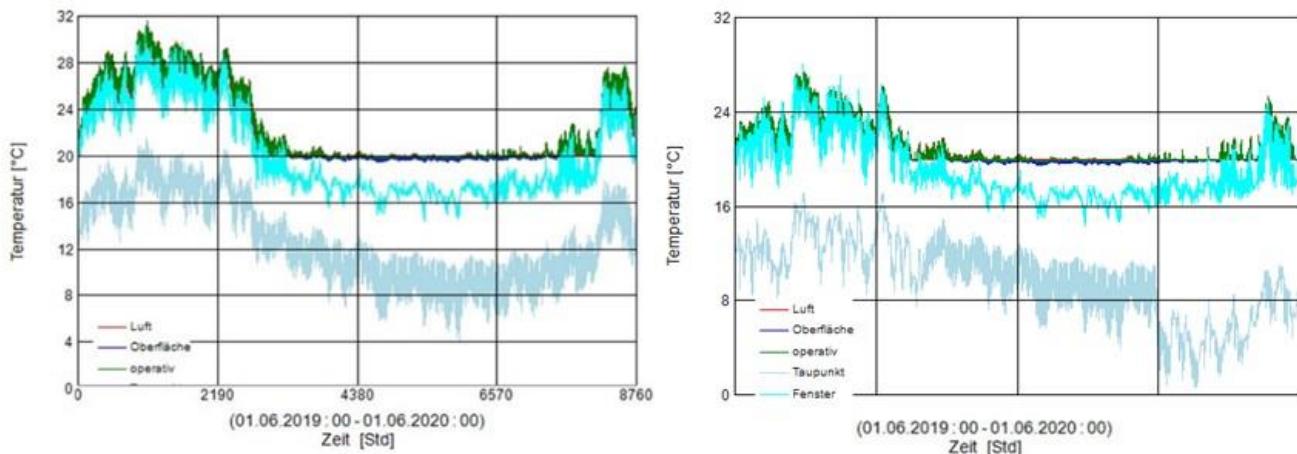


Abbildung 39: Auswirkungen eines „erhöhten Nachtluftwechsels“ mit $n = 2 \text{ h}^{-1}$ in einem Schlafzimmer auf Basis von Simulationen

Empfehlungen für die Planung „sommerlicher Wärmeschutz“

Zu klären sind:

- Welche Einflüsse wurden beim sommerlichen Wärmeschutznachweis (zur Begrenzung des Sonneneintrages oder zur Abfuhr von inneren Wärmelasten) berücksichtigt?
- Gibt es schallschutztechnisch bedingte Einschränkungen für das Lüften in der zweiten Nachhälfte (22:00 bis 6:00)?
- Müssen weitergehende Belange des Einbruchsschutzes beachtet werden?

Hinsichtlich der Nachtlüftung, die im Sommer einen überragenden Effekt zur Entspeicherung von erwärmten Bauteilmassen in Räumen aufweist und bei Nachweisen gerade im Wohnungsbau sehr häufig angewendet wird, sind neben Fragen des Einbruchschutzes auch der Außenlärmpegel und somit Fragestellungen des Schallschutzes zu berücksichtigen.

Das Fenster ist im Vergleich zur Außenwand in der Regel schallschutztechnisch ohnehin das schlechtere Bauteil; wenn es geöffnet wird, reduziert sich das Schalldämmmaß erheblich, und zwar selbst dann, wenn es lediglich auf Kipp gestellt wird, *Abbildung 40*.

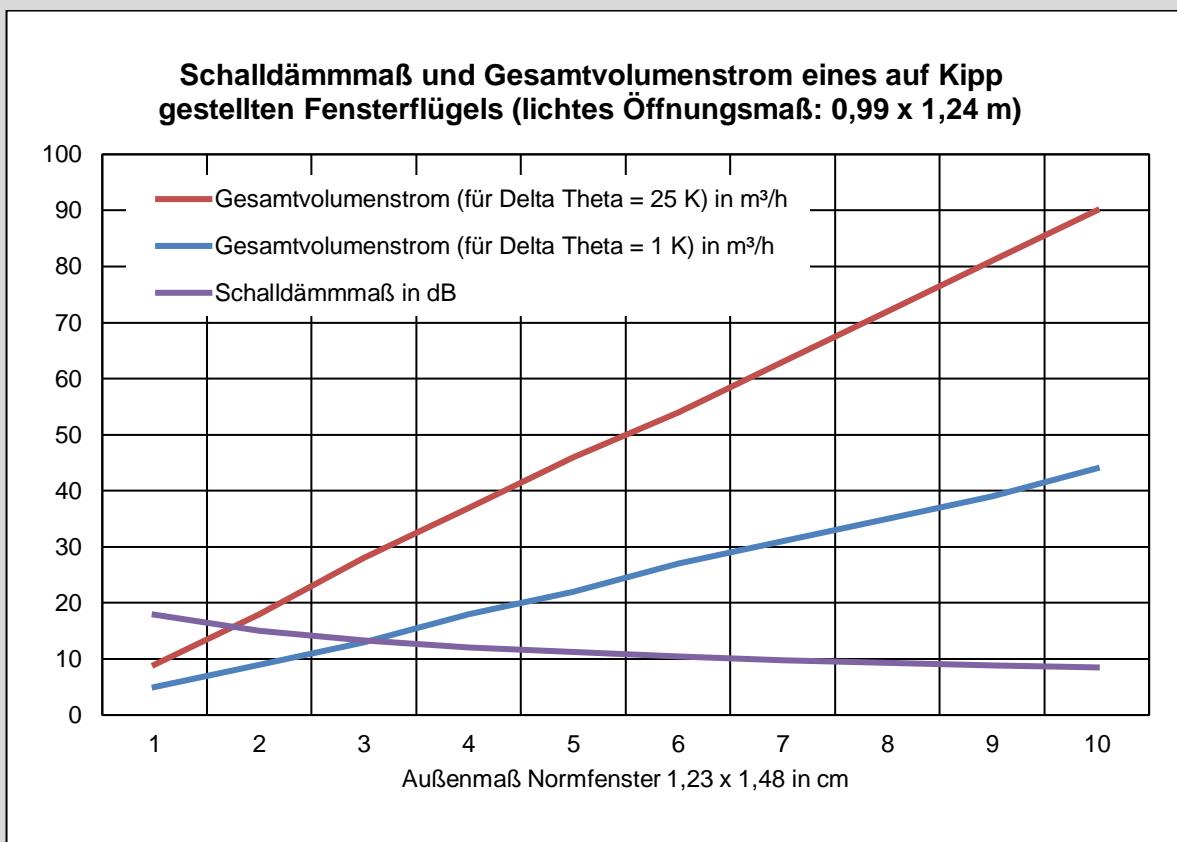


Abbildung 40: Zusammenhang zwischen einem auf Kipp stehenden Normfenster und dem hierdurch hervorgerufenen Gesamtvolumenstrom und der Veränderung des Schalldämmmaßes in Abhängigkeit von der Spaltweite in einem Raum mit 38 m³

Eine Verbesserung des Schallschutzes für das geöffnete Fenster ergibt sich beispielsweise durch:

- Glasdoppelfassaden,
- Spezielle Kastenfenstersysteme (z.B. HafenCity-Fenster),
- Reduktion des Öffnungsquerschnitts.

5 Mögliche Nachweiswege für Luftvolumenströme

Es bestehen eine Vielzahl von technischen Erkenntnisquellen, um Volumenströme über

1. Fenster,
2. apparative bzw. raumlufttechnische Anlagen,
3. hybride Systeme (Kombination aus 1 und 2) oder auch
4. Infiltration

zu quantifizieren. Nachfolgend wird eine Auswahl zur Verfügung stehender Nachweiswege vorgestellt.

5.1 DIN EN 15242

Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration [54]

Die DIN EN 15242 kann als Europäische „Mutternorm“ für Lüftung bezeichnet werden. Sie konnte bis zu ihrem Ersatz durch die Norm DIN EN 16798-7 [55] für verschiedene Anwendungen verwendet werden (siehe auch Abschnitte 5.2, 5.3 und 5.4).

So konnte sie zur Berechnung der durch die Lüftung verursachten Luftvolumenströme in Gebäuden herangezogen werden, wie z.B. Energieberechnungen, Heiz- und Kühllastberechnungen und Bewertungen der sommerlichen Behaglichkeit und der Raumluftqualität (z.B. Abfuhr von CO₂).

Die hier beschriebenen Rechenalgorithmen wurden beispielsweise in der Ausgabe der DIN V 18599-2 [56] und 10 [24] zur Ermittlung von Lüftungswärmesenken/-quellen implementiert. Ferner wurde sie verwendet zur Auslegung von Volumenströmen von Lüftungsanlagen sowohl im Wohnungs- als auch Nichtwohnungsbau.

Obwohl die DIN EN 15242 auf Grund der Statuten DIN/CEN zurückgezogen werden musste, wird sie weiterhin statisch in Bezug genommen im Steckbrief „3.1.3 Innenraumluftthygiene“ des Bewertungssystem Nachhaltigen Bauen (BNB) [57], um personenbezogene Volumenströme über Fenster zu ermitteln, Abbildung 41.

| Vorhandener personenbezogenen Außenluftvolumenstrom in Abhängigkeit von der Lüftungsdauer nach DIN EN 15242 | | | |
|---|------|----------------|--|
| Projektdaten (Zeile 5 bis 9) | | | |
| A _{Fenster} | 1,88 | m ² | Fensteröffnungsfläche |
| H _{Fenster} | 2,50 | m | Fensterhöhe |
| t _{Lüftung} | 10 | min | Lüftungsdauer |
| T _{Intervall} | 480 | min | Zeitintervall zwischen 2 Lüftungen |
| n | 1 | | Personenzahl |
| Thermische Randbedingungen (Zeile 11 bis 12) | | | |
| \Delta\theta | 25 | K | Temperaturdifferenz (Standardfall 7 K) |
| v _{Wind} | 3 | m/s | Windgeschwindigkeit (Standardfall 3 m/s) |
| Ergebnis (wird errechnet) | | | |
| q _v = 34 m ³ /(h·Person) | | | |

Abbildung 41: Berechnungsblatt zur Ermittlung personenbezogener Volumenströme nach DIN EN 15242 zur Abfuhr von CO₂

Das Verfahren war vorgesehen für die Anwendung auf:

- Gebäude mit ventilatorgestützter Lüftung (ventilatorgestützte Abluft-, Zuluft- oder kombinierte Ab- und Zuluftsysteme);
- Luftleitungen;
- Hybridsysteme, bei denen zwischen ventilatorgestützter und freier Lüftung umgeschaltet werden kann;
- das manuelle Fensteröffnen zur Lüftung oder zur Verbesserung des Sommerkomforts.

Die DIN EN 15242 war nicht direkt anwendbar auf Gebäude, die höher als 100 m sind, und Räume, bei denen die vertikale Lufttemperaturdifferenz mehr als 15 K beträgt. Die in dieser Norm angegebenen Ergebnisse sind die unter Berücksichtigung der Produkt- und Systemkennwerte ermittelten Luftvolumenströme, die entweder durch Undichtheiten oder durch zu einem bestimmten Zweck vorgesehene Öffnungen durch die Gebäudehülle auftreten, sowie die durch die Lüftungsanlage verursachten Luftvolumenströme.

5.2 DIN EN 16798

Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden

Die DIN EN 16798 besteht insgesamt aus 18 Teilen (Normenteilen und Technical Reports) und stellt ein europäisches Planungsdokument dar, in dem verschiedene Kriterien für die Planung lüftungstechnischer Maßnahmen beschrieben werden. Sie wird in verschiedenen deutschen Normen in Bezug genommen (z.B. DIN 1946-6 [38], DIN / TS 4108-8 [15], DIN V 18599).

5.3 DIN EN 16798-1

Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik [58]

Der Teil 1 definiert keine Auslegungsverfahren, sondern beschreibt Eingangsparameter für die Auslegung von Gebäudehülle, Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung an. Er legt Anforderungen und Auslegungskriterien fest, für:

- thermischen Komfort,
- Raumluftqualität,
- Beleuchtung und Akustik.

5.4 DIN EN 16798-7

Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration (Modul M5-5) [55]

Die DIN EN 16798-7 ersetzt die lange Zeit geltende DIN EN 15242 – siehe Abschnitt 5.1. Hierin werden Rechenalgorithmen für die nachfolgenden Anwendungsfälle beschrieben:

- Ventilatorgestützte Lüftungsanlagen
- Lüftungssysteme mit freier oder hybrider Lüftung
- Feuerstätten
- Fensteröffnungen,
- Luftpertüllas, d. h. zu Lüftungszwecken vorgesehene Öffnungen in der Gebäudehülle (mit Ausnahme von Fenstern)
- Undichtheiten in der Gebäudehülle
- Sonstige durch die Grenze der Lüftungszone hindurchführende Luftpfade

Die Rechenalgorithmen der DIN EN 16798-7 wurden weitestgehend in die DIN / TS 4108-8 übernommen.

5.5 DIN / TS 4108-8

Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden [15]

DIN / TS 4108-8 beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der Schimmelvermeidung und auch mit der hierfür notwendigen Lüftung. Folgerichtig wird für Lüftungskonzepte zum Feuchteschutz unterschieden zwischen Fensterlüftung (z.B. nicht kontinuierliche Lüftung wie Stoßlüftung über geöffnete Fenster, kontinuierliche Kipplüftung über einseitige Lüftung oder Quer- und Schachtlüftung), freien Lüftungssystemen (z.B. Querlüftung mit Außenbauteil-Luftdurchlässen) und ventilatorgestützten Lüftungssystemen.

In der Neufassung des Fachberichtes [44] werden erstmals konkrete Bemessungsverfahren zur Auslegung von Volumenströmen u.a. auch für die Fensterlüftung in Anlehnung an die Europäische Norm EN 16798-7 [55] definiert. Die enthaltenen Berechnungsbeispiele beziehen sich hier auf die Zielsetzung der Schimmelvermeidung. Zur Schimmelvermeidung spielt neben dem Heizen das Lüften eine entscheidende Rolle.

Die dargestellten Rechenalgorithmen für Fensterlüftung und ermittelten Außenluftvolumenströme über Fenster können selbstverständlich auch für andere Zielsetzungen herangezogen werden, wie für den Nachweis einer erhöhten oder hohen Nachtlüftung oder auch dem hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom.

Der erforderliche Außenluftvolumenstrom bei kontinuierlicher Lüftung wird aus der DIN 1946-6 [38] abgeleitet. In der nachfolgenden Abbildung 42 werden die Grundsätze zum Aufstellen von Lüftungskonzepten zum Feuchteschutz erläutert.

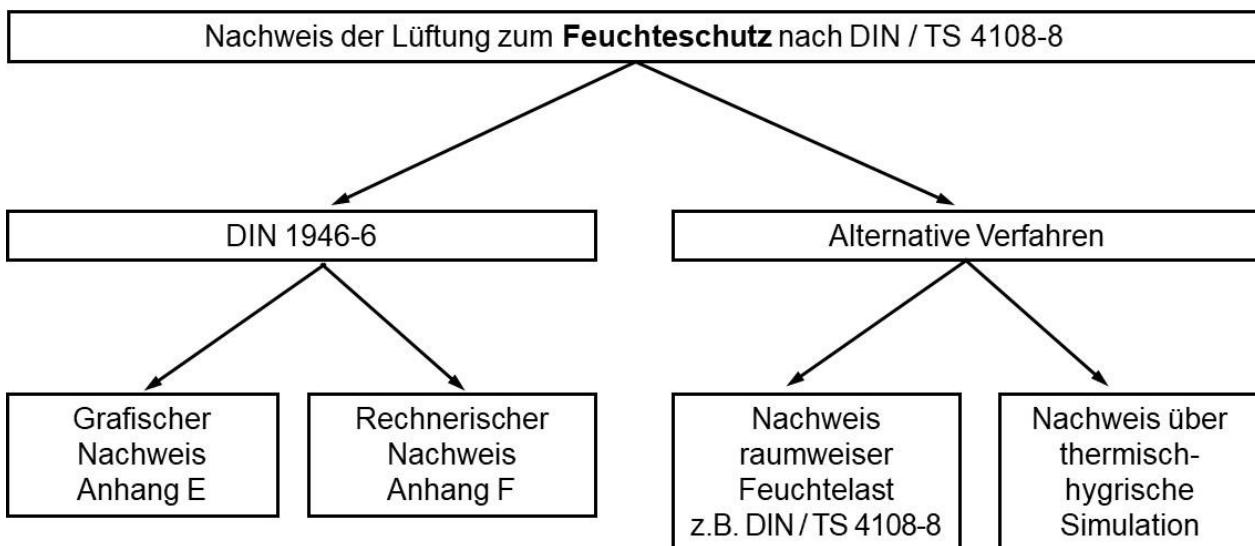


Abbildung 42: Grundsätze technischer Regeln zum Aufstellen von Lüftungskonzepte zum Feuchteschutz

Die in diesem Fachbericht beschriebenen Rechenalgorithmen führen das Prinzip fensterbasierter Luftvolumenströme der zwar zurückgezogenen, aber dennoch weiterhin den Regeln der Technik entsprechenden DIN EN 15242 [54] fort. Es werden Rechenalgorithmen beschrieben für:

- wind- und thermische induzierte Volumenströme, sowie Überlagerungen beider Antriebskräfte,
- einseitige oder zweiseitige Lüftung über Fenster,
- komplett geöffnete Fenster, auf Kipp gestellte Fenster, gedrehte Fenster, Fenster in Parallelabstellung, Schwingflügelfenster, Lamellenfenster.

Schon durch die Planung von Fensterproportionen, der Größe des zu öffnenden Fensters und Anordnung von Fenstern in der Wohnung ergeben sich Folgen für die durch das Fenster hervorgerufenen Volumenströme. Die beschriebenen Rechenalgorithmen für gekippte Fenster gelten für übliche Fenstergrößen mit Höhen-/ Breitenverhältnis = 1 : 1 bis 2 : 1. Ferner gelten die Rechenalgorithmen für vertikale Fenster bzw. eine Fensterneigung (aus der Vertikalen) bis maximal 30°. Bei Querlüftung sollen keine wesentlichen inneren Strömungshindernisse (geschlossene Innentüren) vorhanden sein.

Auswirkungen auf den Volumenstrom haben:

1. Geometrie (Höhen- / Breitenverhältnis des Fensters), *Abbildung 43*,
2. die herrschenden Temperaturdifferenzen der Luft zwischen innen und außen *Tabelle 6*,
3. Höhenlage des Fensters über OKT (Oberkante Terrain) und
4. den Lüftungsquerschnitten.

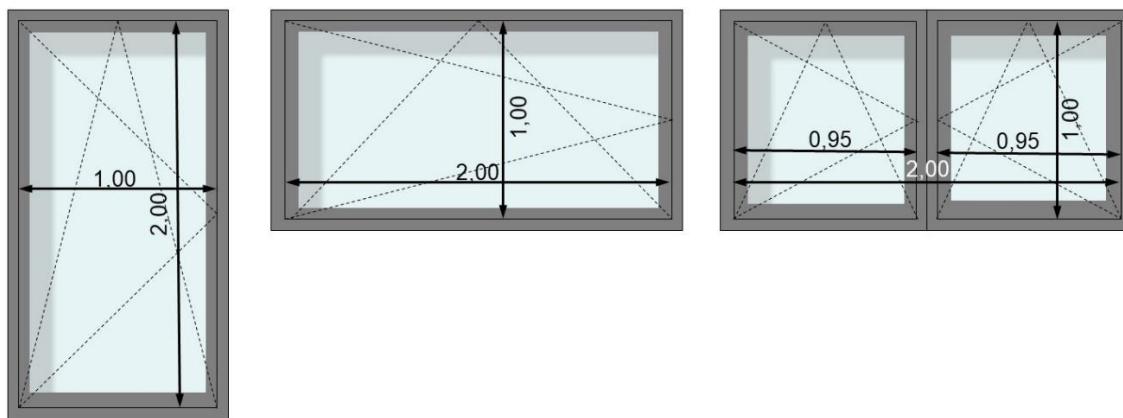


Abbildung 43: theoretisches Höhen- / Breitenverhältnis eines Fensters mittleres Fensterelement so nicht „baubar“ und nach DIN / TS 4108-8 auch nicht bewertbar)

| | Thermisch induzierter Volumenstrom | Windinduzierter Volumenstrom | Gesamt- volumenstrom | | |
|---|--|---------------------------------|-------------------------|--|--|
| | | | in m³/h | | |
| Temperaturdifferenz zwischen innen und außen | | | | | |
| $\Delta\theta = 10 \text{ Kelvin}$ | | | | | |
| Einflügelige Fenstertür Höhen- / Breitenverhältnis des Fensterflügels: 2 m / 1 m | 64 | 29 | 70 | | |
| Einflügeliges Fenster Höhen- / Breitenverhältnis des Fensterflügels: 1 m / 2 m* | 88 | 56 | 104 | | |
| Zweiflügeliges Fenster Höhen- / Breitenverhältnis des Fensterflügels: 1 m / 0,95 m | 84 | 53 | 99 | | |
| Temperaturdifferenz zwischen innen und außen | | | | | |
| $\Delta\theta = 25 \text{ Kelvin}$ | | | | | |
| Einflügelige Fenstertür Höhen- / Breitenverhältnis des Fensterflügels: 2 m / 1 m | 104 | 29 | 107 | | |
| Einflügeliges Fenster Höhen- / Breitenverhältnis des Fensterflügels: 1 m / 2 m* | 143 | 56 | 154 | | |
| Zweiflügeliges Fenster Höhen- / Breitenverhältnis des Fensterflügels: 1 m / 0,95 m | 136 | 53 | 146 | | |

*nach DIN / TS 4108-8 auch nicht bewertbar

Tabelle 6: Einfluss des Höhen- und Breitenverhältnisses eines Fensters und Temperaturdifferenz der Luft zwischen innen und außen eines auf Kipp gestellten Fensters (maximales Spaltmaß 0,10 m)

In *Abbildung 44* ist eine Rechenhilfe dargestellt, bei der in Abhängigkeit von der Öffnungsart, dem Raumvolumen, der Höhe des Fensters über OKT, den Temperaturdifferenzen und Windgeschwindigkeiten, den Fensteröffnungsmaßen (Höhe und Breite), sowie der

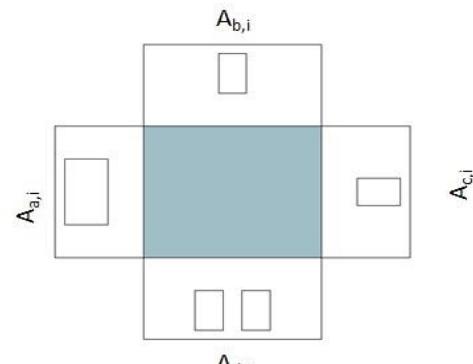
Anzahl der Fenster der windinduzierte Volumenstrom, der thermisch induzierte Volumenstrom und der Gesamtvolumenstrom bzw. Luftwechsel ausgewiesen werden.

Mit einer derartigen Rechenhilfe kann entwurfsbegleitend für den jeweiligen Fenstertyp sowie für die verschiedenen Lüftungsanlässe (Feuchteschutz, CO₂-Abfuhr usw.) sehr einfach überprüft werden, inwieweit das geplante Fenster fester Bestandteil des Lüftungskonzeptes sein kann.

| Öffnungsart | |
|-------------|--|
| Kippfenster | |
| | |

| Randbedingungen | |
|--|-----------------------|
| Raumvolumen | 193,25 m ³ |
| Anzahl der Fassaden gegen Außenluft | 2 |
| Höhe der Zone über Erdreich | 4,00 m |
| Temperatur innen | 27,0 °C |
| Temperatur außen | 23,0 °C |
| Windgeschwindigkeit v_{meteo} | 1,0 m/s |
| Höhenunterschied der Fassadenöffnungen | 0,96 m |
| keine Abschirmung (offene Lage) | |
| Rauheitsparameter Z_0 , Standort gem. Tabelle F.2 | 0,03 m |
| Abschirmungsfaktor nach Tabelle F.3 | 1,5 |

| Fenster | | | | |
|---------------|--------|------|--------|------|
| | Aa,i | Ab,i | Ac,i | Ad,i |
| Breite | 1,20 m | | 1,10 m | |
| Höhe | 2,30 m | | 1,30 m | |
| Anzahl | 2 | | 1 | |
| Brüstungshöhe | 1,02 m | | 0,56 m | |
| Öffnungsweite | 0,10 m | | 0,05 m | |
| | | | | |
| Breite | | | | |
| Höhe | | | | |
| Anzahl | | | | |
| Brüstungshöhe | | | | |
| Öffnungsweite | | | | |



Die Fassaden werden im Uhrzeigersinn benannt, beginnend mit derjenigen mit der größten Öffnungsfläche (Fassade "a")

| Luftvolumenströme infolge Fensterlüftung | | | | |
|--|--|--|--|--|
| Gesamtvolumenstrom in Zone | | | | |
| 128 m ³ /h | | | | |
| Luftwechselrate n | | | | |
| 0,7 1/h | | | | |

| Einzelergebnisse | | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | thermisch induziert | windinduziert | kombiniert |
| Fassade 1 | 102 m ³ /h | 38 m ³ /h | 109 m ³ /h |
| Fassade 2 | 18 m ³ /h | 9 m ³ /h | 20 m ³ /h |
| 2-seitige Lüftung | 62 m ³ /h | 111 m ³ /h | 127 m ³ /h |

Abbildung 44: Rechenprogramm auf Basis der DIN 4108-8 – Büro für Bauphysik



Abbildung 45: Beispiele für die Berechnung von Volumenströmen über Fenster: Kipplüftung, vollständig geöffnetes Fenster und Schiebetür

5.6 DIN 1946-6

Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung [38]

DIN 1946-6 hat in der Fassung von 2009 [59] den Begriff des „*Lüftungskonzepts für Wohngebäude*“ geprägt. Sie definiert verschiedene sogenannte Lüftungsstufen unter angenommenen Randbedingungen. Die unterste Stufe (Lüftung zum Feuchteschutz) soll als kontinuierlicher Außenluftvolumenstrom den Schutz der Baukonstruktion vor unzulässig hohen Feuchtebelastungen gewährleisten. Die Lüftung zum Feuchteschutz und der hiermit verbundene Außenluftvolumenstrom sollen nutzerunabhängig wirksam sein.

Beim Lüftungskonzept der DIN 1946-6 wird dieser Nachweis geführt, indem ein errechneter Infiltrationsvolumenstrom mit dem notwendigen Außenluftvolumenstrom verglichen wird. Reicht die Infiltration nicht aus, die notwendige Lüftung zum Feuchteschutz zu gewährleisten, sind lüftungstechnische Maßnahmen notwendig. Es wird bei der Berechnung der notwendigen Lüftung und der Auslegung der lüftungstechnischen Maßnahmen immer von einem kontinuierlichen Außenluftvolumenstrom ausgegangen. Eine diskontinuierliche Lüftung wie manuell geöffnete Fenster kann mit dieser Norm nicht gerechnet werden.

Die Norm gibt Hinweise zur Bemessung des notwendigen Außenluftvolumenstroms für unterschiedliche Nutzungszustände der Wohnung und der Auslegung von freien und Ventilator gestützten Lüftungssystemen für diese Nutzungszustände. Diese beziehen sich jedoch nur auf schadstoffarme Nutzungseinheiten:

„Die Planungsempfehlungen dieser Norm gelten für schadstoffarme Nutzungseinheiten. Übermäßige Schadstoffbelastungen aus dem Gebäude und aus der Umgebung des Gebäudes erfordern gegebenenfalls darüberhinausgehende Maßnahmen.“

Im Abschnitt 3.3 wird auf die Annahmen zur Infiltration dieser Norm näher eingegangen.

Im Abschnitt 6.3 wird auf die Lüftungsanforderungen dieser Norm für die Lüftung zum Feuchteschutz näher eingegangen.

5.7 Passivhaus Projektierungspaket

Das Passivhaus Projektierungspaket [60] (kurz PHPP) stellt ein auf Basis von MS-Excel basiertes Rechenprogramm dar. Es ist zum Nachweis von Passivhäusern im Sinne des Passivhaus-Institutes Darmstadt verpflichtend zu verwenden und stellt ein ingenieurmäßiges Energiebilanzverfahren dar.

Die hierin beschriebenen Bilanzbestandteile unterscheiden sich in den Grundlagen nicht von denen der DIN V 18599; jedoch ist es hier möglich, energetische Einzelheiten detailliert quantitativ zu erfassen. So ist es beispielsweise möglich, Luftvolumenströme auf die Anzahl der Personen im Wohngebäude auszulegen. Ferner beinhaltet das PHPP die Möglichkeit, den hygienisch erforderlichen Luftvolumenstrom auch über Fenster abzubilden.

Für die Entspeicherung, d.h. die Abgabe von in Bauteilschichten gespeicherter Wärme im Sommer, können die Rechenalgorithmen analog verwendet werden.

Nachtlüftung

Abschätzung der Luftvolumenströme für die natürliche Nachtlüftung

| Objekt: MFH | Gebäudetyp/Nutzung: Schlafzimmer | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|-------------------|--------------------------|------|------|---|---|---|-------------------|--------------------|------|------|------|------|------|-----|---------------------------------|-------|-------|--|--|--|---|---------------------------------|--|--|--|--|--|---|---------------------------|--|--|--|--|--|---|
| Standort: | Raumvolumen 38 m ³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bezeichnung</th> <th>nacht</th> <th>nacht</th> <th>nacht</th> <th>tag</th> <th>nacht</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anteil Öffnungsduer</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td>100%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | Bezeichnung | nacht | nacht | nacht | tag | nacht | | Anteil Öffnungsduer | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bezeichnung | nacht | nacht | nacht | tag | nacht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anteil Öffnungsduer | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Klima-Randbedingungen</th> <th>1</th> <th>1</th> <th>1</th> <th>4</th> <th>1</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperaturdifferenz innen - außen</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> <td>m/s</td> </tr> <tr> <td>Windgeschwindigkeit</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | Klima-Randbedingungen | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | K | Temperaturdifferenz innen - außen | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | m/s | Windgeschwindigkeit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Klima-Randbedingungen | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temperaturdifferenz innen - außen | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Windgeschwindigkeit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fenstergruppe 1</th> <th>1</th> <th>1</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anzahl</td> <td>0,60</td> <td>1,30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>lichte Breite</td> <td>1,38</td> <td>1,38</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Kippfenster?</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Öffnungsweite (bei Kippfenster)</td> <td>0,100</td> <td>0,100</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> </tr> </tbody> </table> | | Fenstergruppe 1 | 1 | 1 | | | | m | Anzahl | 0,60 | 1,30 | | | | m | lichte Breite | 1,38 | 1,38 | | | | m | Kippfenster? | | | | | | | Öffnungsweite (bei Kippfenster) | 0,100 | 0,100 | | | | m | | | | | | | | | | | | | | |
| Fenstergruppe 1 | 1 | 1 | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl | 0,60 | 1,30 | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| lichte Breite | 1,38 | 1,38 | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kippfenster? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Öffnungsweite (bei Kippfenster) | 0,100 | 0,100 | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fenstergruppe 2 (bei Querlüftung)</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anzahl</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>lichte Breite</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>lichte Höhe</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Kippfenster?</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Öffnungsweite (bei Kippfenster)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Höhdifferenz zu Fenster 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>m</td> </tr> </tbody> </table> | | Fenstergruppe 2 (bei Querlüftung) | | | | | | m | Anzahl | | | | | | m | lichte Breite | | | | | | m | lichte Höhe | | | | | | m | Kippfenster? | | | | | | | Öffnungsweite (bei Kippfenster) | | | | | | m | Höhdifferenz zu Fenster 1 | | | | | | m |
| Fenstergruppe 2 (bei Querlüftung) | | | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl | | | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| lichte Breite | | | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| lichte Höhe | | | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kippfenster? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Öffnungsweite (bei Kippfenster) | | | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Höhdifferenz zu Fenster 1 | | | | | | m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Volumenstrom einseitige Lüftung 1</th> <th>129</th> <th>280</th> <th>0</th> <th>0</th> <th>0</th> <th>m³/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Volumenstrom einseitige Lüftung 2</th> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <th>Volumenstrom Querlüftung</th> <td>129</td> <td>280</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <th>Anteil Luftwechsel</th> <td>3,40</td> <td>7,37</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>1/h</td> </tr> </tbody> </table> | | Volumenstrom einseitige Lüftung 1 | 129 | 280 | 0 | 0 | 0 | m ³ /h | Volumenstrom einseitige Lüftung 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | m ³ /h | Volumenstrom Querlüftung | 129 | 280 | 0 | 0 | 0 | m ³ /h | Anteil Luftwechsel | 3,40 | 7,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumenstrom einseitige Lüftung 1 | 129 | 280 | 0 | 0 | 0 | m ³ /h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumenstrom einseitige Lüftung 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | m ³ /h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumenstrom Querlüftung | 129 | 280 | 0 | 0 | 0 | m ³ /h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anteil Luftwechsel | 3,40 | 7,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 46: Rechenhilfe auf Basis des PHPP (Passivhaus Projektierungspaket) [61]



Abbildung 47: Grundprinzipien der Passivhausbauweise ist eine kompakte Bauweise, eine Südorientierung und Lüftungssysteme mit Abwärmenutzung. Die sommerliche Nachtlüftung erfolgt i.d.R. über geöffnete Fenster.

6 Berechnungsbeispiele

6.1 Vorbemerkung

In diesem Abschnitt werden folgende Lüftungssysteme vorgestellt und anhand von Rechenbeispielen über die Auslegung nachvollziehbar gemacht:

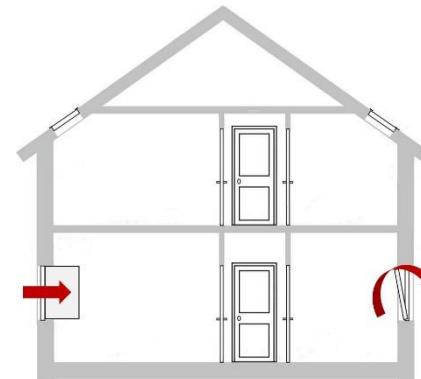
- 6.2 Freie Lüftung über Fenster
- 6.3 Freie Lüftung über Fenster und Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD)
- 6.4 Freie Lüftung über Fenster und Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) in Verbindung mit einem Entlüftungssystem
- 6.5 Ventilatorgestützte Lüftung über ein Zu-/Abluftsystem und freie Lüftung über Fenster

Es werden bei den Beispielen die aus feuchteschutztechnischen und hygienischen Gründen notwendigen Volumenströme basierend auf einer angenommenen Nutzung ermittelt. Aus den Beispielen können keine aus dem hier benannten konkreten Zusammenhang herausgerissenen Aussagen getroffen werden.

Es empfiehlt sich, grundsätzlich in den realen Konzepten die angenommenen Randbedingungen klar zu benennen. Höhere oder geringere Belegungsdichten führen bei allen Systemen zu entsprechend zu modifizierenden Volumenströmen.

In den nachfolgenden Beispielen werden die Anforderungen und die erforderlichen Volumenströme / Lüftungsdauern ausgewiesen.

6.2 Beispiel Lüftung über Fenster



Quelle: nach Berhorst / Reiners

6.2.1 Grundsätzliche Funktion

Die Lüftung über Fenster findet über den freien Öffnungsquerschnitt der geöffneten Fenster statt. Der wirksame Differenzdruck zwischen innen und außen ergibt sich aus der Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innentemperatur und den Windverhältnissen an den Fassaden. Der wirksame Außenluftvolumenstrom hängt von folgenden Faktoren ab:

- Öffnungsquerschnitt des Fensters (Schwenk-, Kipp- Parallelabstellung)
- Anzahl der geöffneten Fenster
- Orientierung und Höhe der unterschiedlichen geöffneten Fenster
- Differenz der Innen- und Außentemperatur
- Wirksame Windkraft in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe

6.2.2 Randbedingungen

Nachfolgend wird ein Nachweis auf Basis der DIN / TS 4108-8 [15] erstellt.

Die in der Abbildung 48 dargestellten Schlaf- und Badezimmer sollen mit dem Lüftungskonzept Lüftung über Fenster belüftet werden. Diese Räume wurden ausgewählt, da in beiden Räumen die auf das jeweilige Volumen bezogene und freigesetzte Feuchte im Vergleich zu anderen, „üblich genutzten“ Räumen am größten ist. Zudem besteht in einem Schlafzimmer eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass auf Grund eines 8-stündigen durchgehenden Schlafens die CO₂-Abgabe am größten ist.

In einem Wohnraum kann zwar die Belegungsdichte größer sein, hier können aber die Nutzer zu jeder Zeit individuell ihrem Frischluftbedürfnis entsprechend über das Fenster lüften. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass mit den beiden ausgewählten Räumen „kritische“ Räume ausgewählt wurden und die hier ermittelten Lüftungsstrategien für andere Räume übertragen werden können und die Ergebnisse für diese Räume somit auf der sogenannten „sicheren Seite“ liegen.

Das Schlafzimmer weist eine Grundfläche von 14,78 m² und ein Luftvolumen ohne Möbel von rund 37 m³, das Badezimmer eine Grundfläche von 4,25 m² und ein Luftvolumen von rund 10,6 m³ auf. Das Schlafzimmer ist von 2 Personen für 8 Stunden belegt. Im Badezimmer wird von einer täglichen Feuchtefreisetzung von 20 Minuten über Duschen ausgegangen.

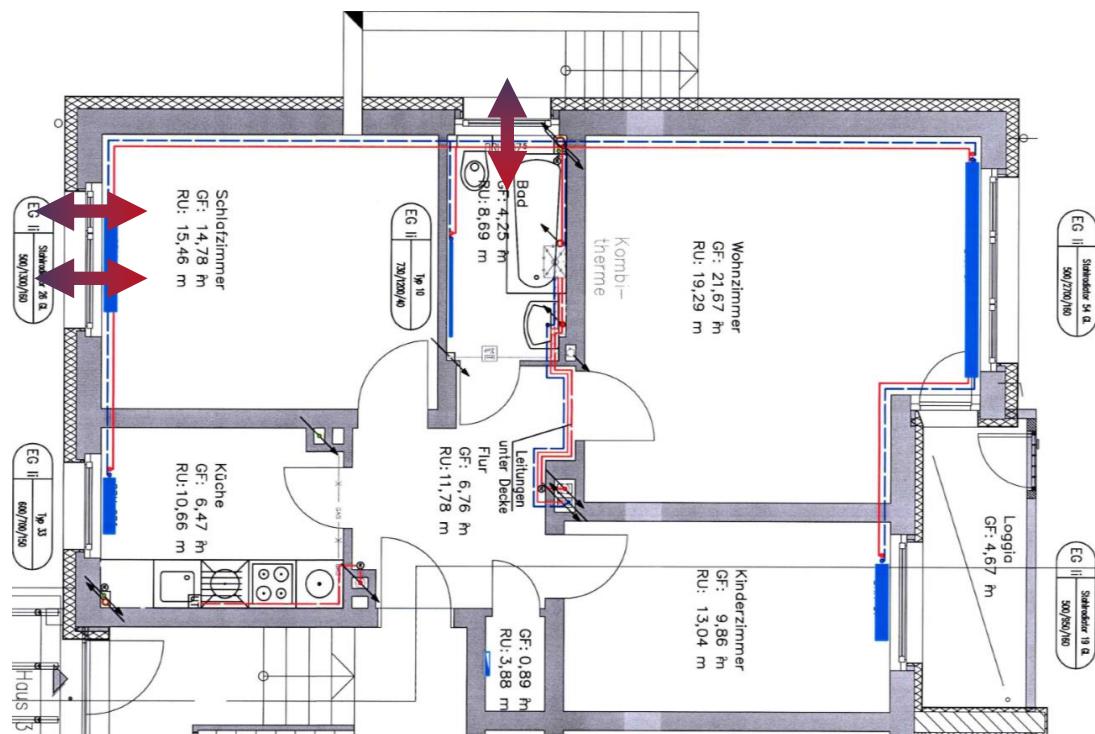


Abbildung 48: Grundrissausschnitt EG eines Mehrfamilienhauses, Abbildung Firma Grundlach-Wohnungsunternehmen.

Es sollen für diese beiden Räume die notwendigen Lüftungsdauern über Fenster ermittelt werden. Da der Lüftungsquerschnitt von der Fensterstellung abhängig ist, werden für die Berechnungen die Fensterflügelmaße und Öffnungsoptionen erforderlich; in der nachfolgenden Abbildung 49 werden diese angegeben.

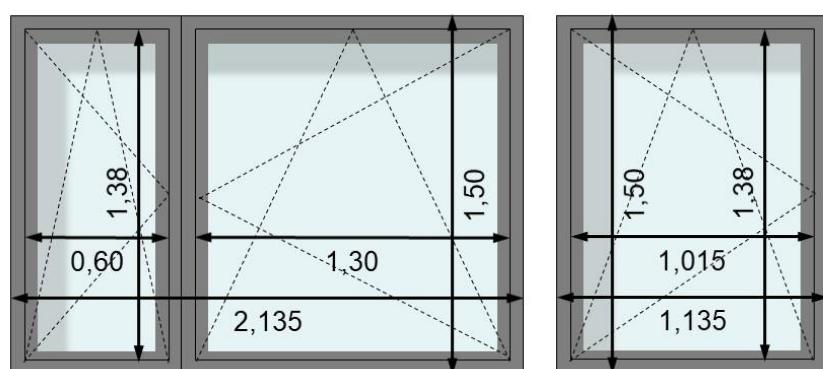


Abbildung 49: Fensterabmessungen im Schlafzimmer und Fensterabmessungen im Badezimmer

Es werden nicht nur beispielhaft zwei Räume, sondern zusätzlich auch zwei energetische Standards differenziert.

6.2.2.1 Fall 1: Status-Quo, Altbau (ohne Dämmmaßnahmen)

| | | |
|--------------|--|---|
| Außenwand: | 1,5 cm Innenputz, 30 cm Ziegelmauerwerk, 2 cm Außenputz, $U_{AW} = 1,37 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | $\lambda = 0,58 \text{ W}/(\text{mK})$ $\lambda = 0,58 \text{ W}/(\text{mK})$ $\lambda = 1,0 \text{ W}/(\text{mK})$ |
| Kellerdecke: | 5 cm Zementestrich, 2 cm Kokosfaser, 16 cm Stahlbetondecke, $U_G = 1,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | $\lambda = 1,4 \text{ W}/(\text{mK})$ $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{mK})$ $\lambda = 2,1 \text{ W}/(\text{mK})$ |
| Fenster: | schadhaftes Holzfenster mit 2-Scheibenisolierverglasung: $U_w = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | |

6.2.2.2 Fall 2: Status, Altbau nach energetischer Sanierung

| | | |
|--------------|---|---|
| Außenwand: | wie Status + 16 cm, $U_{AW} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{mK})$ |
| Kellerdecke: | wie Status + 8 cm, $U_{AW} = 0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{mK})$ |
| Fenster: | $U_w = 0,89 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | |

Das Lüftungskonzept Lüftung über Fenster erfolgt in 5 Schritten:

1. **Schritt:** Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms aus:
 - minimaler Oberflächentemperatur (i.d.R. eine Ecke),
 - freigesetzter Feuchtigkeit, nutzerabhängig / nutzerunabhängig,
 - äußeren Klimabedingungen (Winter / Übergangszeit).
2. **Schritt:** Ermittlung des vorhandenen Volumenstroms aus:
 - Jahreszeit,
 - Höhenlage der Fenster und Querschnittsfläche des geöffneten Fensters.
3. **Schritt:** Vergleich des erforderlichen Volumenstroms zum vorhandenen Volumenstrom und Ableitung der Lüftungsdauer in Abhängigkeit vom Fensteröffnungsmaß.
4. **Schritt:** Einfluss der Ad- und Desorption der Umschließungsflächen im Hinblick auf die Lüftungsfrequenz.
5. **Schritt:** Erläuterung des Lüftungskonzeptes.

Abbildung 50: Fensterlüftungskonzept in 5 Schritten

6.2.3 1. Schritt: Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms

6.2.3.1 Ermittlung der minimalen Oberflächentemperatur

Als Temperaturrandbedingung für die Luft außen wurde $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ im Winter und $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ in der Übergangszeit zugrunde gelegt *Abbildung 51*. Für dieses Beispiel liegen keine anderen repräsentativen Erkenntnisse zu klimatischen Verhältnissen (z.B. langjährige Wetteraufzeichnungen) vor. Liegen diese vor, sollten sie bei realen Konzepten auch verwendet werden.

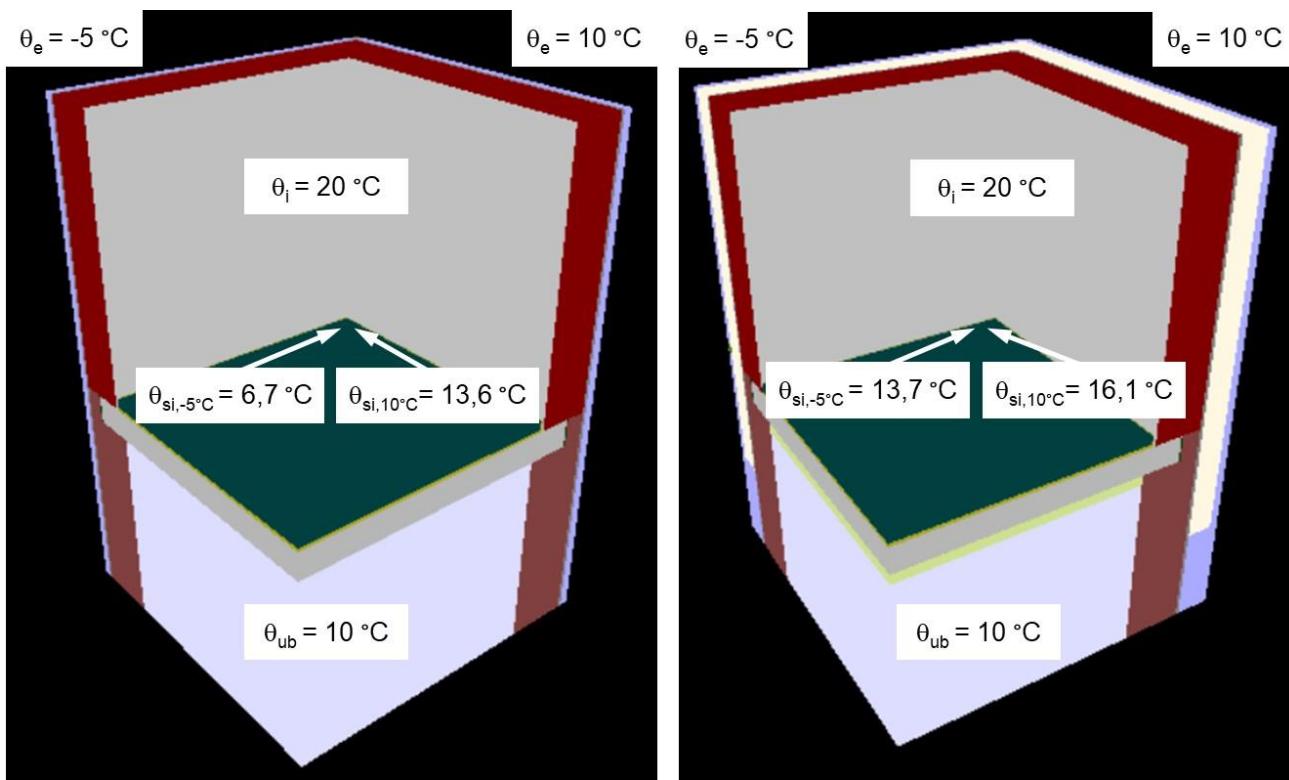
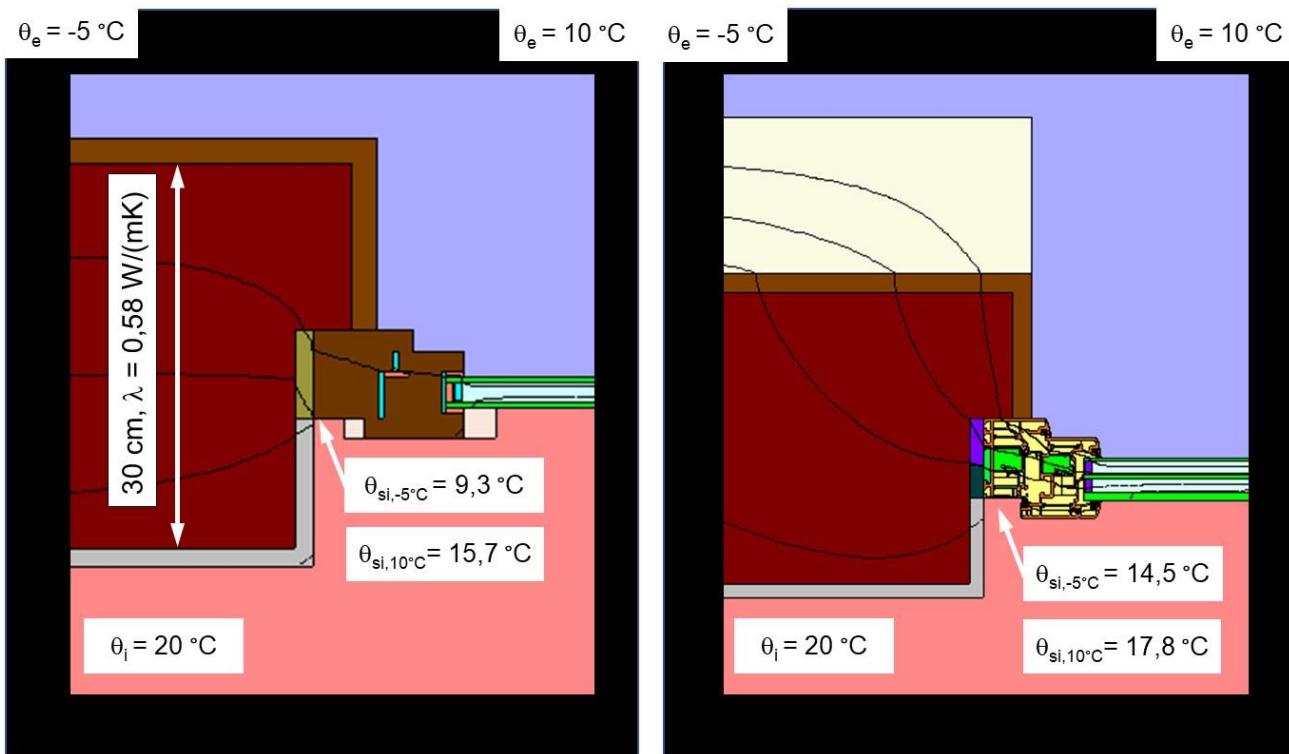


Abbildung 51: Schlafzimmer: minimale Oberflächentemperaturen für den Fall 1 und Fall 2 für jeweils -5 und 10 °C

Abbildung 52: Badezimmer: minimale Oberflächentemperatur für den Fall 1 und Fall 2 für jeweils -5 und 10 °C. Anmerkung: Mit einer 2 cm dicken Leibungsdämmung außen erhöht sich der Oberflächentemperatur auf 16,5 bzw. 18,6 °C.

6.2.3.2 Ableitung des erforderlichen Volumenstroms

In Abhängigkeit von der minimalen Oberflächentemperatur ergibt sich bei 20 °C die maximale, zulässige relative Feuchte der Luft innen und multipliziert mit dem Sättigungsgehalt der Luft bei 20 °C ($w_s = 17,3 \text{ g/m}^3$) der max. zulässige Feuchtegehalt. Ist der Feuchteeintrag (m) bekannt, ergibt sich der erforderliche Volumenstrom gemäß folgender Gleichung:

$$V_{\text{erf.}} = m / (w_{i,\text{max}} - w_{e,\text{vorh.}}) \quad \text{in m}^3/\text{h} \quad \text{Gleichung 2}$$

Der absolute Feuchtegehalt außen variiert jahreszeitlich; in Anlehnung an die DIN 4108-3 wurde eine relative Feuchte von im Mittel $\phi_e = 80\%$ und diese für jeweils eine Temperatur der Luft außen von $\theta_e = -5\text{ }^\circ\text{C}$ und $10\text{ }^\circ\text{C}$ zugrunde gelegt. Daraus ergeben sich dann ein absoluter Feuchtegehalt im Winter von $2,56\text{ g/m}^3$ und in der Übergangszeit von $7,52\text{ g/m}^3$.

Die maximalen relativen Feuchten (ϕ_{\max}) zur Vermeidung von Schimmelwachstum gemäß DIN 4108-2 für die ermittelten Oberflächentemperaturen ergeben sich wie folgt:

$$\phi_{\max} = 0,8 \times (p_{s,0si}/p_{s,0i}) \quad \text{in \%} \quad \text{Gleichung 3}$$

Hierbei bedeuten:

$p_{s,0si}$ Sättigungsdampfdruck für die ermittelte minimale Oberflächentemperatur in Pascal

$p_{s,0i}$ Sättigungsdampfdruck für die vorhandene Temperatur der Luft innen in Pascal

Beispiel:

Minimale Oberflächentemperatur der Leibung (Fenster im Bestand) bei einer Temperatur der Außenluft von $-5\text{ }^\circ\text{C}$ (Abbildung 52): $\theta_{si} = 9,3\text{ }^\circ\text{C}$

$$\phi_{\max} = 0,8 \times (1.171 / 2.337)$$

$$\phi_{\max} = 40\% \text{ (siehe auch Zeile 1 Tabelle 8)}$$

Aus den Feuchtelasten durch die Nutzung nach Tabelle 4 ergeben sich im Schlafzimmer mit einer Zweipersonenbelegung ($2 \times 50\text{ g/h} = 100\text{ g/h}$) und im Bad bei dreimaligem Duschen ($866\text{ g} = 2.600\text{ g} \times 20\text{ Minuten} / 60\text{ Minuten}$, bei einer Duschdauer von 20 Minuten) folgende erforderliche Volumenströme:

| | nächtlicher Feuchteeintrag pro Nutzungsstunde | $V = m / (w_{i,max} - w_{e,vorh.}) \text{ in m}^3/\text{h}$ | erforderlicher Volumenstrom |
|---|---|---|----------------------------------|
| Fall 1: Altbau mit $\theta_e = -5\text{ }^\circ\text{C}$ | 100 g/h | $V=100/[(17,3*0,34)-(3,2*0,8)]$ | 30 m³/h |
| Fall 1: Altbau mit $\theta_e = 10\text{ }^\circ\text{C}$ | 100 g/h | $V=100/[(17,3*0,53)-(9,4*0,8)]$ | 61 m³/h |
| Fall 2: Altbau saniert, $\theta_e = -5\text{ }^\circ\text{C}$ | 100 g/h | $V=100/[(17,3*0,54)-(3,2*0,8)]$ | 15 m³/h |
| Fall 2: Altbau saniert, $\theta_e = 10\text{ }^\circ\text{C}$ | 100 g/h | $V=100/[(17,3*0,63)-(9,4*0,8)]$ | 30 m³/h |

Tabelle 7: Erforderliche Volumenströme für das Schlafzimmer in Abhängigkeit von der Jahreszeit (Winter und Übergangszeit) und dem Dämmstandard

| | Feuchteeintrag durch 3-maliges Duschen | $V = m / (w_{i,max} - w_{e,vorh.}) \text{ in m}^3/\text{h}$ | erforderlicher Volumenstrom |
|---|--|---|-----------------------------------|
| Fall 1: Altbau mit $\theta_e = -5\text{ }^\circ\text{C}$ | 866 g/h | $V=866/[(17,3*0,40)-(3,2*0,8)]$ | 199 m³/h |
| Fall 1: Altbau mit $\theta_e = 10\text{ }^\circ\text{C}$ | 866 g/h | $V=866/[(17,3*0,61)-(9,4*0,8)]$ | 286 m³/h |
| Fall 2: Altbau saniert, $\theta_e = -5\text{ }^\circ\text{C}$ | 866 g/h | $V=866/[(17,3*0,56)-(3,2*0,8)]$ | 121 m³/h |
| Fall 2: Altbau saniert, $\theta_e = 10\text{ }^\circ\text{C}$ | 866 g/h | $V=866/[(17,3*0,70)-(9,4*0,8)]$ | 189 m³/h |

Tabelle 8: Erforderliche Volumenströme für das Badezimmer in Abhängigkeit von der Jahreszeit (Winter und Übergangszeit) und dem Dämmstandard

Die verwendete Temperatur der Luft innen im Badezimmer ist sicherlich unüblich und unterhalb der in DIN EN 12831-1 [63] angegebenen Temperatur für die Auslegung. Es wurde trotzdem die Temperatur von $20\text{ }^\circ\text{C}$ beibehalten, da die Ergebnisse sowohl für die Ermittlung der minimalen Oberflächentemperatur, als auch für die Wasseraufnahme ($w_{i,max}$) zur Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms auf der sicheren Seite liegen.

6.2.4 2. Schritt: Ermittlung des vorhandenen Volumenstroms

Für die Ermittlung des vorhandenen Volumenstroms werden nach DIN / TS 4108-8 [15] folgende Eingabedaten benötigt:

- Raumvolumen,
- Lüftungsquerschnitt, ermittelt aus dem Fensterflügelmaß (lichtes Innenmaß des Blendrahmens),
- mittlere Höhenlage der Fenster über OK-Terrain im Raum,
- Höhe des Fensterflügels,
- Verteilung und Anzahl der Fenster im Raum (Möglichkeit der Querlüftung),
- Lüftungsverbund zu anderen gelüfteten Räumen oder raumweise Berechnung.

Die vorhandenen Volumenströme werden mit natürlichen Antriebskräften gerechnet; es wird der windinduzierte und thermisch induzierte Volumenstrom differenziert.

Thermisch induzierter Luftvolumenstrom bei einer einseitigen Lüftung

$$q_{v,Fe,Fas1,th,i} = \frac{1}{3} \cdot C_D \cdot A_{Fe,Fas1,i} \sqrt{\frac{g \cdot h_{1,i} \cdot \Delta\theta}{T_e}} \cdot 3.600 \frac{s}{h} \text{ in m}^3/\text{h} \quad \text{Gleichung 4}$$

Hierbei bedeuten:

C_D Durchflusszahl (Standardwert: $C_D = 0,61$);

g Erdbeschleunigung ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$);

$h_{1,i}$ Höhe der Öffnungen von Unter- bis Oberkante in Fassadenrichtung 1 in m

$\Delta\theta$ Temperaturdifferenz der Luft zwischen innen und außen ($\Delta\theta = \theta_i - \theta_e$) in K;

T_e Absoluttemperatur der Außenluft, in K, (Standardwert: $T_e = 279 \text{ K}$, mit $\theta_e = 6^\circ\text{C}$ als Heizperiodenmedianwert)

Die Formel gilt auch bei mehr als zwei Fenstern im Raum.

Bei gemeinsamer Durchströmung (zweiseitiger Lüftung) wird der thermisch induzierte Luftvolumenstrom wie folgt ermittelt:

$$q_{v,Fe,Fas1-2,th,i} = C_D \cdot A_{eff,i} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h_{1-2,i} \cdot \Delta\theta}{T_e}} \cdot 3.600 \frac{s}{h} \text{ in m}^3/\text{h} \quad \text{Gleichung 5}$$

Hierbei bedeuten:

$q_{v,Fe,Fas1-2,th,i}$ thermisch induzierter Luftvolumenstrom des Raums i bei gemeinsamer Durchströmung (zweiseitiger Lüftung) durch die gemeinsame Öffnungsfläche $A_{eff,i}$ in m^3/h

$h_{1-2,i}$ Höhenunterschied zwischen den Öffnungen der Fassadengruppe 1 und Fassadengruppe 2 in m, (Standardwert für Fenster in eingeschossigen Nutzungseinheiten mit gleichen Brüstungshöhen, Fensterhöhen und Fensterarten: $h_{1-2,i} = 0 \text{ m}$). Der Höhenunterschied ist aus den Flächenschwerpunkten der Öffnungen für Fassadengruppe 1 und für Fassadengruppe 2 zu ermitteln. Weitere Hinweise zur Ermittlung der Berechnungsvorschriften für Fensteröffnungsfläche und Höhe des Flächenschwerpunkts für unterschiedliche Fensterarten siehe auch DIN / TS 4108-8.

Windinduzierter Luftvolumenstrom bei einer einseitigen Lüftung

$$q_{v,Fe,Fas1,w,i} = b' \cdot A_{Fe,Fas1,i} \cdot v_{Fas} \cdot 3.600 \frac{s}{h} \text{ in m}^3/\text{h} \quad \text{Gleichung 6}$$

Hierbei bedeuten:

b' Beiwert (Standardwert: $b' = 0,05$)

v_{Fas} lokale Windgeschwindigkeit an der Fassade, in m/s. Vereinfachend gilt für v_{Fas} :

$$v_{Fas} = \max \left(0; \frac{\ln(H_{Grund,Zone} / z_{0,Standort})}{\ln(H_{Grund,80} / z_{0,Standort})} \cdot 1,36 \cdot v_{meteo} \right) \text{ in m/s}$$

Hierbei bedeuten:

| | |
|--|--|
| H_{Grund} | Höhe über Grund, in m |
| H_{Grund} | mittlere Höhe der Lüftungszone z (Zonenmitte) über OKT (Oberkante Terrain), in m |
| $H_{Grund,80}$ | Bezugshöhe über Grund, $H_{Grund,Zone} = 80$ m |
| $z_0, \text{Standort}$ | Rauheitsparameter für örtliche Windgeschwindigkeiten an der Fassade, in m |
| keine Abschirmung (offene Lage): | 0,03 m |
| mittlere Abschirmung (normale Lage): | 0,25 m |
| starke Abschirmung (abgeschirmte Lage): | 0,50 m |
| v_{meteo} | meteorologische Windgeschwindigkeit, gemessen in 10 m Höhe in offener Lage, z.B. aus TRY bzw. DWD-Datensätzen, in m/s Standardwert, $v_{meteo} = 4$ m/s als Heizperiode medianwert von September bis Mai für Potsdam |
| Hinweis: regional kann dieser Wert stark schwanken, siehe auch DIN V 18599-10 bzw. metrologische Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) | |

Die Formel gilt auch bei mehr als zwei Fenstern im Raum.

Bei gemeinsamer Durchströmung (zweiseitiger Lüftung) wird der windinduzierte Luftvolumenstrom wie folgt ermittelt:

$$q_{v,Fe,Fas1-2,w,i} = C_D \cdot A_{eff,i} \cdot \sqrt{\Delta C_p \cdot v_{Fas}} \cdot 3.600 \frac{s}{h} \text{ in } m^3/h \quad \text{Gleichung 7}$$

Hierbei bedeuten:

$q_{v,Fe,Fas1-2,th,i}$ windinduzierter Luftvolumenstrom des Raums i bei gemeinsamer Durchströmung (zweiseitiger Lüftung) durch die Öffnungsfläche $A_{eff,i}$ in m^3/h

ΔC_p Differenz der Druckkoeffizienten Luv-Lee, in -,
Mit $\Delta C_p = f_{Abschirmung} \cdot f_{Höhe}$ (nach DIN EN 16798-7)

| Mittlere Höhe der Lüftungszone z (Zonenmitte) über Erdreichniveau | $f_{Höhe}$ | Abschirmung | $f_{Abschirmung}$ |
|---|------------|-------------|-------------------|
| $H_{Grund,Zone} \leq 15$ m | 0,75 | keine | 1,5 |
| | | mittelere | 1,0 |
| | | starke | 0,5 |
| $15 \text{ m} < H_{Grund,Zone} \leq 50$ m | 0,90 | keine | 1,5 |
| | | mittelere | 1,0 |
| | | starke | 0,5 |
| $H_{Grund,Zone} > 50$ m | 1,0 | keine | 1,5 |

Tabelle 9: Abschirmungs- und Höhenfaktoren nach [15]

Für die Überlagerung von Wind und thermischen Auftrieb existieren verschiedene theoretische Ansätze, die von der Addition der Luftvolumenströme (z.B. in DIN EN 15242) bis zu einer Maximalwertbetrachtung (z.B. in DIN EN 16798-7) reichen. In DIN / TS 4108-8 wird auf den nachfolgenden mittleren Rechenansatz zurückgegriffen:

$$q_{v,Fe,1} = \sqrt{q_{v,th,1}^2 + q_{v,w,1}^2} \text{ in } m^3/h \quad \text{Gleichung 8}$$

Die Ergebnisse des vorhandenen Volumenstroms ändern sich mit der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen. Im Winter ergibt sich bei 25 Kelvin Temperaturdifferenz zwischen innen und außen der größere Volumenstrom. Der windinduzierte Volumenstrom wird mit einer Windgeschwindigkeit von $v_{Fas} = 4$ m/s gerechnet.

| Raum | Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$ | | Übergangszeit mit $\theta_e = 10^\circ\text{C}$ | |
|--------------|--|---|--|---|
| | Gesamtvolumenstrom bei vollständig geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei auf Kipp geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei vollständig geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei auf Kipp geöffneten Fenstern |
| Schlafzimmer | 2.399 m^3/h | 164 m^3/h | 1.693 m^3/h | 116 m^3/h |
| Badezimmer | 1.282 m^3/h | 96 m^3/h | 904 m^3/h | 68 m^3/h |

Tabelle 10: vorhandene Volumenströme für unterschiedliche Temperaturen der Außenluft und Fensterstellungen

6.2.5 3. Schritt: Vergleich: erforderlicher zu vorhandenem Volumenstrom und Ableitung der Lüftungsdauer in Abhängigkeit vom Fensteröffnungsmaß

Die Ergebnisse der vorhandenen und erforderlichen Volumenströme und die daraus theoretisch resultierenden Lüftungsdauern in Minuten sind in *Tabelle 11* und *Tabelle 12* dargestellt.

6.2.5.1 Lüftungstechnische Besonderheit Schlafzimmer:

Feuchtefreisetzung Schlafzimmer:

- kontinuierlicher Vorgang über zusammenhängenden Zeitraum,
- hier soll ein Zeitraum von 8 Stunden betrachtet werden,
- die freigesetzte Feuchtemasse $8 \text{ h} \times 100 \text{ g/h} = 800 \text{ g/d}$ könnte selbst bei einer kontinuierlichen Kipplüftung immer abgeführt werden, da der vorhandene Volumenstrom selbst in der Übergangszeit höher ist als der erforderliche Volumenstrom,
- zu beachten ist, dass die Wärmeabgabe des Heizkörpers gewährleistet, d.h. das Heizkörperventil nicht heruntergeregt ist.

Da bei beiden Fensterstellungen der vorhandene Volumenstrom größer und bei den vollständig geöffneten Fenstern signifikant größer ist als der erforderliche Volumenstrom, kann die Lüftungsdauer für eine Stoßlüftung deutlich reduziert werden. Die Feuchtefreisetzung erfolgt über 8 Stunden und eine Stoßlüftung könnte beispielsweise nur morgens bzw. abends vor dem Schlafengehen erfolgen.

Da die den Raum umschließenden Bauteile Feuchte speichern, müssen die hierdurch hervorgerufenen Ad- und Desorptionsvorgänge der umgebenden Baustoffe berücksichtigt werden (siehe Schritt 4).

| | Fensterstellung | vorhandener Volumenstrom | erforderlicher Volumenstrom | Lüftungsdauer in Minuten / h |
|--|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Fall 1: Altbau, $\theta_e = -5^\circ\text{C}$ | vollständig geöffnete Fensterflügel | 2.399 | 30 61 15 | 0,8 |
| | Kipplüftung | 164 | | 11,0 |
| Fall 1: Altbau, $\theta_e = 10^\circ\text{C}$ | vollständig geöffnete Fensterflügel | 1.693 | m ³ /h | 2,1 |
| | Kipplüftung | 116 | | 31,4 |
| Fall 2: Altbau saniert, $\theta_e = -5^\circ\text{C}$ | vollständig geöffnete Fensterflügel | 2.399 | m ³ /h | 0,4 |
| | Kipplüftung | 164 | | 5,4 |
| Fall 2: Altbau saniert, $\theta_e = 10^\circ\text{C}$ | vollständig geöffnete Fensterflügel | 1.693 | 30 | 1,0 |
| | Kipplüftung | 116 | | 15,3 |

Tabelle 11: Ergebnisse für das **Schlafzimmer**: Gegenüberstellung des vorhandenen (für die jeweilige Fensterstellung errechneten Öffnung) und erforderlichen Volumenstroms und Ableitung der Lüftungsdauer in Minuten pro Stunde Nutzungsduer.

In Tabelle 11 sind die aus feuchteschutztechnischer Sicht erforderlichen und vorhandenen Volumenströme dargestellt. Es ist erkennbar, dass die kontinuierlich auf Kipp gestellten Fenster Gesamtvolumenströme hervorrufen, die weit über den erforderlichen Volumenströmen liegen. Es könnte daher entweder die Öffnungsweite oder die Lüftungsdauer reduziert werden.

Wichtiger Hinweis: Beim Außenklima wurde mit einer mittleren relativen Feuchte von 80 % gerechnet. Bei dauerhaft hohen Feuchtegehalten der Außenluft ändern sich die erforderlichen Volumenströme und entsprechend die Lüftungsdauern, Abbildung 53!

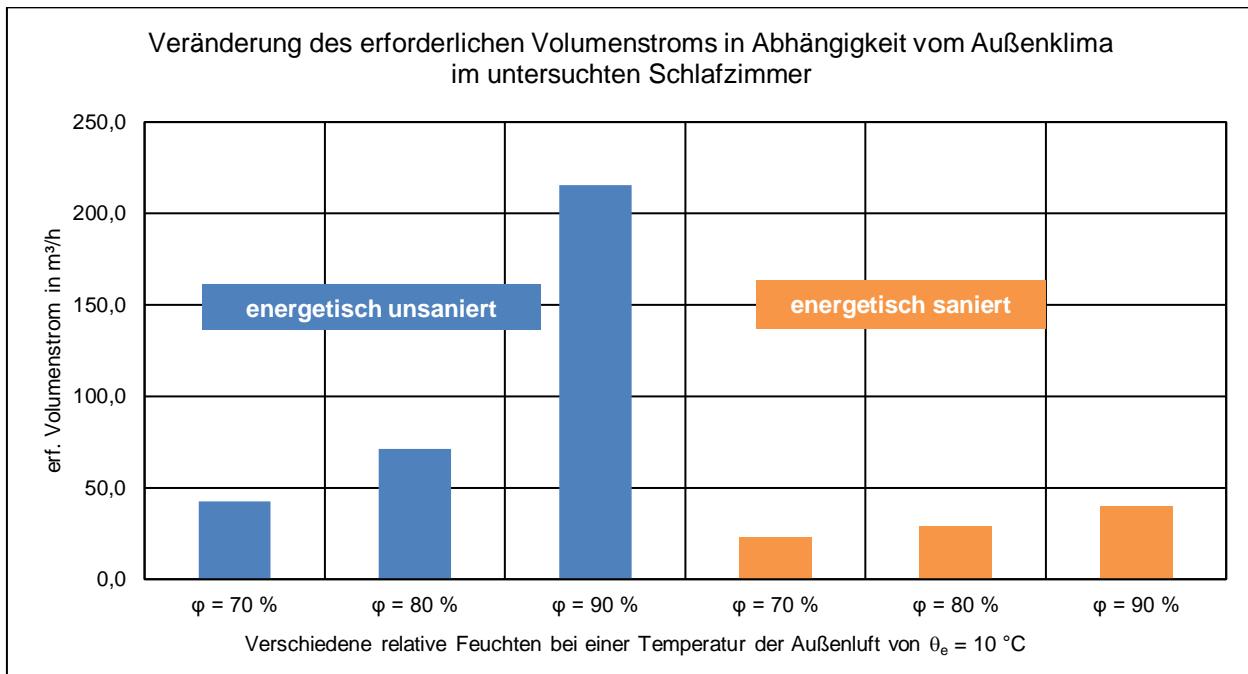


Abbildung 53: Veränderung der erforderlichen Volumenströme in Abhängigkeit vom Dämmstandard und der relativen Feuchte außen

Bei langanhaltenden Niederschlägen kann der Feuchtegehalt außen höher sein als der maximal zulässige Feuchtegehalt der Luft innen; hier kann eine Entfeuchtung nur erreicht werden, wenn die Innentemperatur erhöht wird.

In Abbildung 54 sind für das Schlafzimmer einerseits die wind- und thermisch induzierten Volumenströme, sowie der Gesamtvolumenstrom in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz innen und außen dargestellt. Für die Wärmeabfuhr eines Raumes im Sommer ist es sinnvoll, in der zweiten Nachthälfte einen erhöhten Nachluftwechsel sicherzustellen. In DIN 4108-2 wird dieser mit $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$ definiert, bzw. für den Schlafräum bedeutet dies ein Volumenstrom von $V > 74 \text{ m}^3/\text{h}$.

Das auf Kipp stehende Fenster würde erst ab einer Temperaturdifferenz von 7 Kelvin zwischen innen und außen diesen erforderlichen Volumenstrom schaffen (ohne Berücksichtigung des windinduzierten Volumenstroms). Auch hier würde das vollständig geöffnete Fenster den größten Effekt erreichen. In diesem Zusammenhang muss jedoch auch die Veränderung des Schalldämmmaßes berücksichtigt werden.

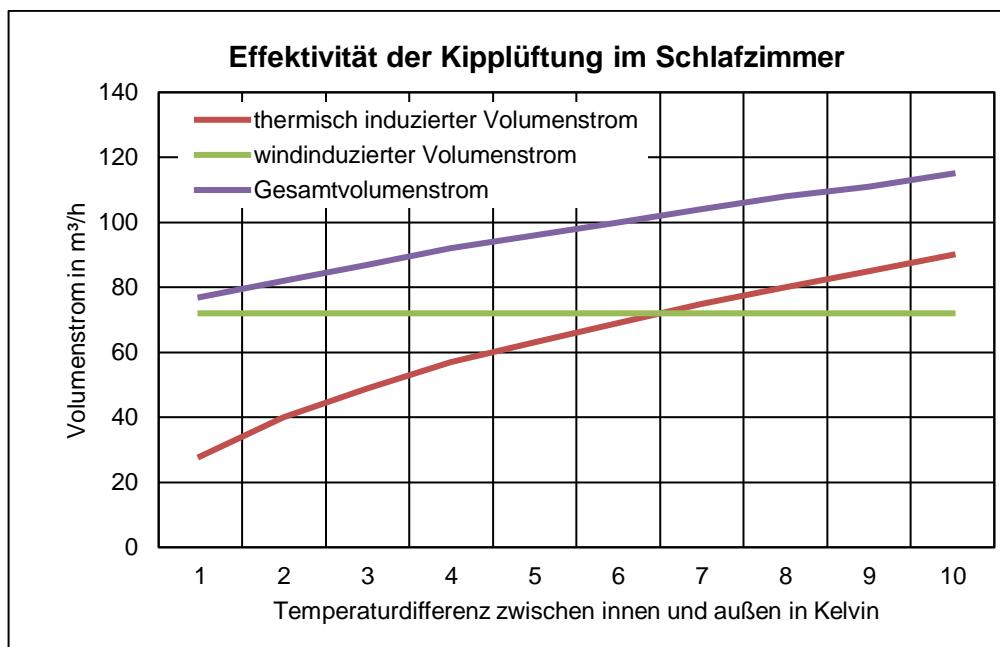


Abbildung 54: Resultierende Volumenströme in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen

6.2.5.2 Lüftungsdauern im Kontext mit lüftungstechnischer Besonderheit Badezimmer:

Feuchtfreisetzung Badezimmer: Die Feuchtfreisetzung kann zeitlich diskontinuierlich stattfinden, d.h. einige Nutzer duschen morgens, einige abends. Es wurden 3 Duschvorgänge à rund 7 Minuten (entsprechend der Annahme einer Gesamtnutzungsdauer pro Tag von 20 Minuten) angesetzt. Es ergibt sich daraus bei einer Feuchtfreisetzung beim Duschen von 2.600 g/h eine Feuchtelast in Höhe von 866 g/d.

Zu beachten ist auch hier, dass die Wärmeabgabe des Heizkörpers gewährleistet ist, d.h. das Heizkörperventil nicht heruntergeregelt ist.

Die freigesetzte Feuchtemasse 866 g/d könnte nur über eine kontinuierliche Kipplüftung über mehrere Stunden abgeführt werden *Tabelle 12*. Nur bei einem vollständig geöffneten Fenster ist der vorhandene Volumenstrom größer als der erforderliche Volumenstrom, so dass die Lüftungsdauer für eine Stoßlüftung deutlich reduziert werden kann (je nach Jahreszeit und Dämmstandard zwischen rund 6 und 19 Minuten pro Tag). Da die den Raum umschließenden Bauteile im Badezimmer häufig mit Fliesen versehen sind, stehen diese Flächen nicht für Feuchtespeichereffekte zur Verfügung.

| | Fensterstellung | vorhandener Volumenstrom | erforderliche Luftmenge | Lüftungsdauer in Minuten |
|--|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Fall 1: Altbau, $\theta_e = -5^\circ C$ | vollständig geöffneter Fensterflügel | 1282 | 199 | 9,3 |
| | Kipplüftung | 96 | | |
| Fall 1: Altbau, $\theta_e = 10^\circ C$ | vollständig geöffneter Fensterflügel | 904 | 286 | 124,4 |
| | Kipplüftung | 68 | | |
| Fall 2: energetisch modernisierter Altbau, $\theta_e = -5^\circ C$ | vollständig geöffneter Fensterflügel | 1282 | 121 | 19,0 |
| | Kipplüftung | 96 | | |
| Fall 2: energetisch modernisierter Altbau, $\theta_e = 10^\circ C$ | vollständig geöffneter Fensterflügel | 904 | 189 | 252,4 |
| | Kipplüftung | 68 | | |

Tabelle 12: Ergebnisse für das **Badezimmer**: Gegenüberstellung des vorhandenen (errechneten, Fenster in jeweiliger Öffnungsstellung) und erforderlichen Volumenstroms und Ableitung der Lüftungsdauer

6.2.6 4. Schritt: Einfluss der Feuchteaufnahme und Feuchteabgabe (Ad- und Desorption) der inneren Raumumschließungsflächen im Hinblick auf die Lüftungsfrequenz

Da Feuchtespeicherungsprozesse in den Baustoffen und Einrichtungsgegenständen (Ad- und Desorptionseffekte) überwiegend im Schlafzimmer auftreten, wird nur dieser Raum beispielhaft dargestellt und zwar zunächst für den energetisch modernisierten Zustand. Das Schlafzimmer verfügt über folgende Deckschichten: Wände, tapziert mit Raufaser-tapete, Fußboden mit 8 mm Eichenparkett, Innentür: Röhrenspanplatte, lackiert.

Die in *Abbildung 55* und *Abbildung 56* dargestellten relativen Feuchten der Luft innen wurden unter gleichbleibenden Außenklimadaten ($\theta_e = -5^\circ\text{C}$, $\phi = 80\%$ bzw. $\theta_e = 10^\circ\text{C}$, $\phi = 80\%$) ermittelt (quasi Laborbedingungen), um zu überprüfen, ob die jeweilige Lüftungsdauer die in den Baustoffen adsorbierten Feuchtegehalte erfolgreich abführt. Hierbei wurden die maximal zulässigen relativen Feuchten (bei -5°C ϕ_{\max} von 54 % und bei 10°C ϕ_{\max} von 63 %) als Grenzwerte und die ermittelten maximalen Volumenströme aus *Tabelle 11* angesetzt.

In einem ersten Rechengang wurde untersucht, ob ein einfaches Lüftungssereignis (morgens 6:00, gut 3 bzw. 8 Minuten) über die in *Tabelle 11* ermittelten Lüftungsdauern ausreicht, um über einen Zeitraum von unter 12 Stunden (2.2.8 Feuchtigkeit) die maximalen relativen Feuchten nicht zu überschreiten.

In einem zweiten Rechengang wurden die Lüftungsdauern auf zwei Lüftungssereignisse (morgens 6:00 und abends 22:00, jeweils 1,6 bzw. 4 Minuten) aufgeteilt.

In einem dritten Rechengang wurden die ermittelten Lüftungsdauern verdoppelt (von gut 3 Minuten auf 6 Minuten und von 8 auf 16 Minuten) und dann auf zwei Lüftungssereignisse mit je 3 Minuten bzw. je 8 Minuten aufgeteilt. Die Ergebnisse sind in *Abbildung 55* und in *Abbildung 57* dargestellt.

In *Abbildung 55* wird erkennbar, dass das einfache Lüftungssereignis zu höheren relativen Feuchten führt, als das wiederholte Lüftungssereignis bei gleicher Gesamtlüftungsdauer und die Verdoppelung von gut 3 auf insgesamt 2×3 Minuten zu einer deutlicheren Unterschreitung von $\phi_{\max} = 54\%$ führt.

Wichtiger Hinweis: Der Schlafräum wurde separat ohne Luftaustausch zu den anderen Räumen und ohne jegliche Form der Infiltration gerechnet. Die Ergebnisse stellen extreme Situationen im Vergleich zur Wirklichkeit dar.

In *Abbildung 56* ist für die Übergangszeit erkennbar, dass alle Lüftungsdauern zu keiner längerfristigen Überschreitung von $\phi_{\max} = 63\%$ führen. Die Ergebnisse können im Sinne der DIN / TS 4108-8 als ausreichend eingeschätzt werden.

Die nachfolgenden Beispiele wurden mit einer Ausgleichsfeuchte von 20°C und 50% relative Feuchte als Startrandbedingung und mit einem „Initialisierungszeitraum“ von 5 Tagen vor dem eigentlichen Simulationszeitraum gerechnet.

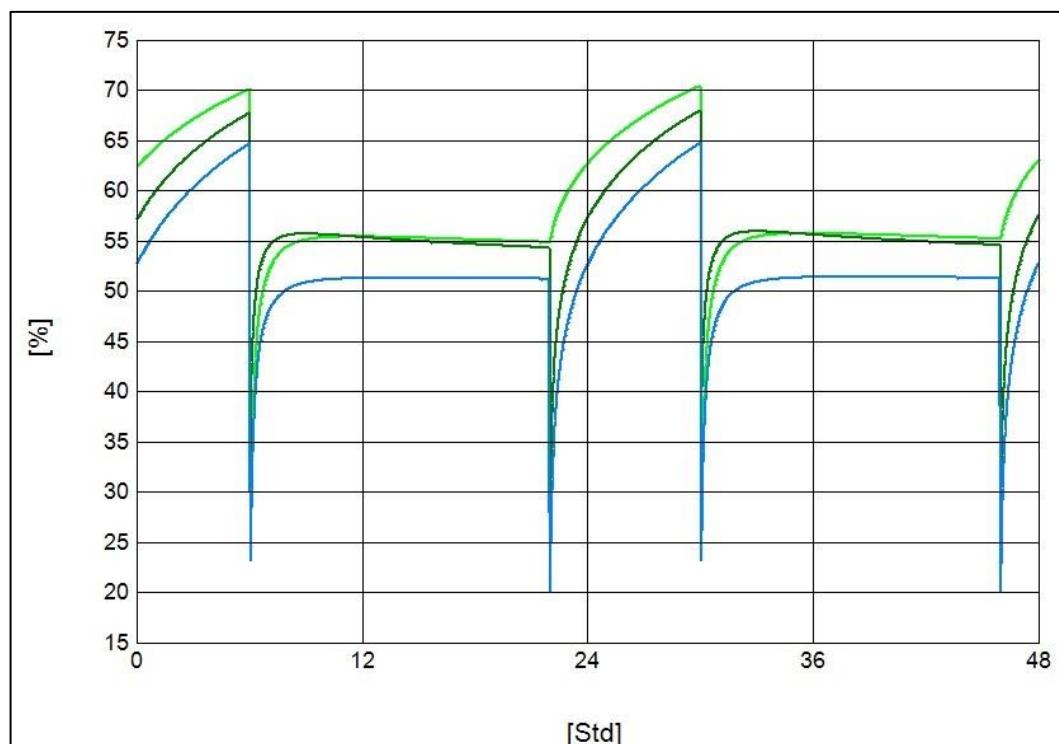


Abbildung 55: Ergebnisse unterschiedlicher Lüftungsstrategien für den energetisch modernisierten Altbau – Auswirkung auf die relative Feuchte der Innenluft im Schlafzimmer infolge Ad- und Desorption, $\theta_e = -5 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\phi_e = 80 \text{ } \%$
 hellgrüne Kurve: einmal Lüften mit 3,2 Minuten pro Tag, morgens 6:00
 dunkelgrüne Kurve: zweimal 1,6 Minuten, morgens 6:00 und abends 22:00 pro Tag
 blaue Kurve: Verdopplung der Lüftungsdauer 2 x 3,2 Minuten pro Tag

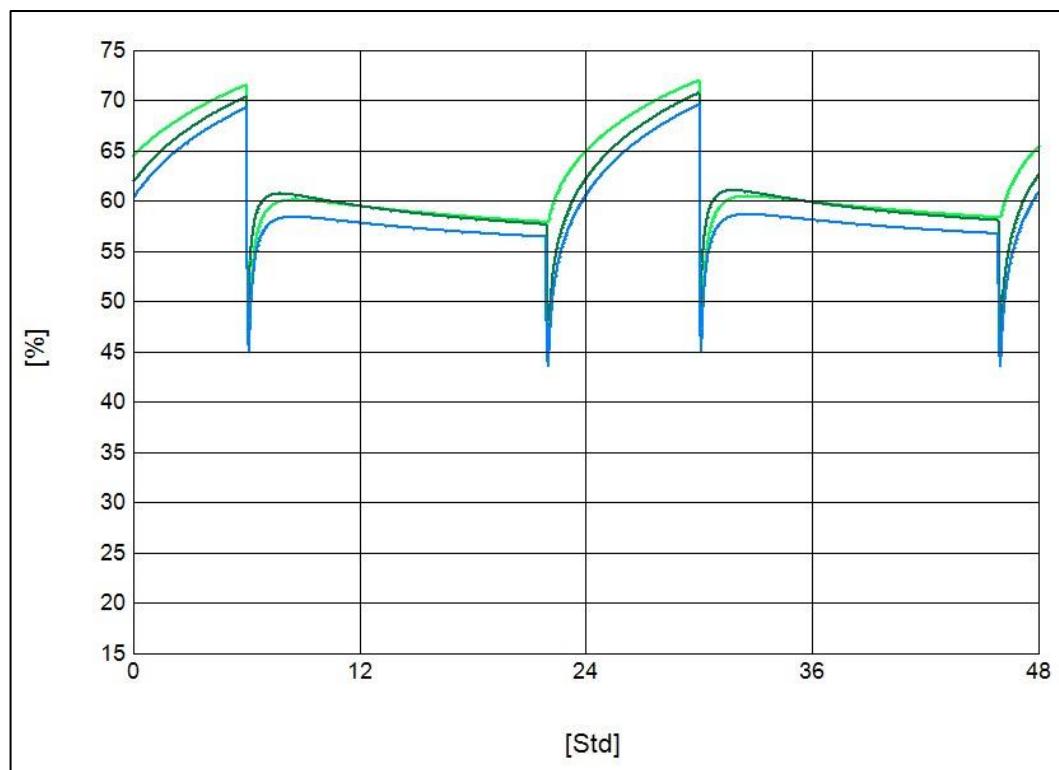


Abbildung 56: Ergebnisse unterschiedlicher Lüftungsstrategien für den energetisch modernisierten Altbau – Auswirkung auf die relative Feuchte der Innenluft im Schlafzimmer infolge Ad- und Desorption, $\theta_e = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\phi_e = 80 \text{ } \%$
 hellgrüne Kurve: einmal Lüften mit 8 Minuten pro Tag, morgens 6:00
 dunkelgrüne Kurve: zweimal 4 Minuten, morgens 6:00 und abends 22:00 pro Tag
 blaue Kurve: Verdopplung der Lüftungsdauer 2 x 8 Minuten pro Tag

In Abbildung 57 sind weitere Lüftungsstrategien dargestellt. Neben dem Effekt einer zweimaligen Stoßlüftung (grüne Kurve) sind hier die Auswirkungen einer Kipplüftung erkennbar. Würde das Fenster während der Nachtstunden von 22:00 bis 6:00 auf Kipp geöffnet (rote Kurve), würde die in der Nacht freigesetzte Feuchte kontinuierlich nach außen abgeführt werden. Würde man demgegenüber tagsüber das Fenster von 6:00 bis 22:00 auf Kipp öffnen, nachts jedoch geschlossen halten, ergeben sich wiederum ausgeprägte Adsorptions- und Desorptionseffekte analog zur Stoßlüftung.

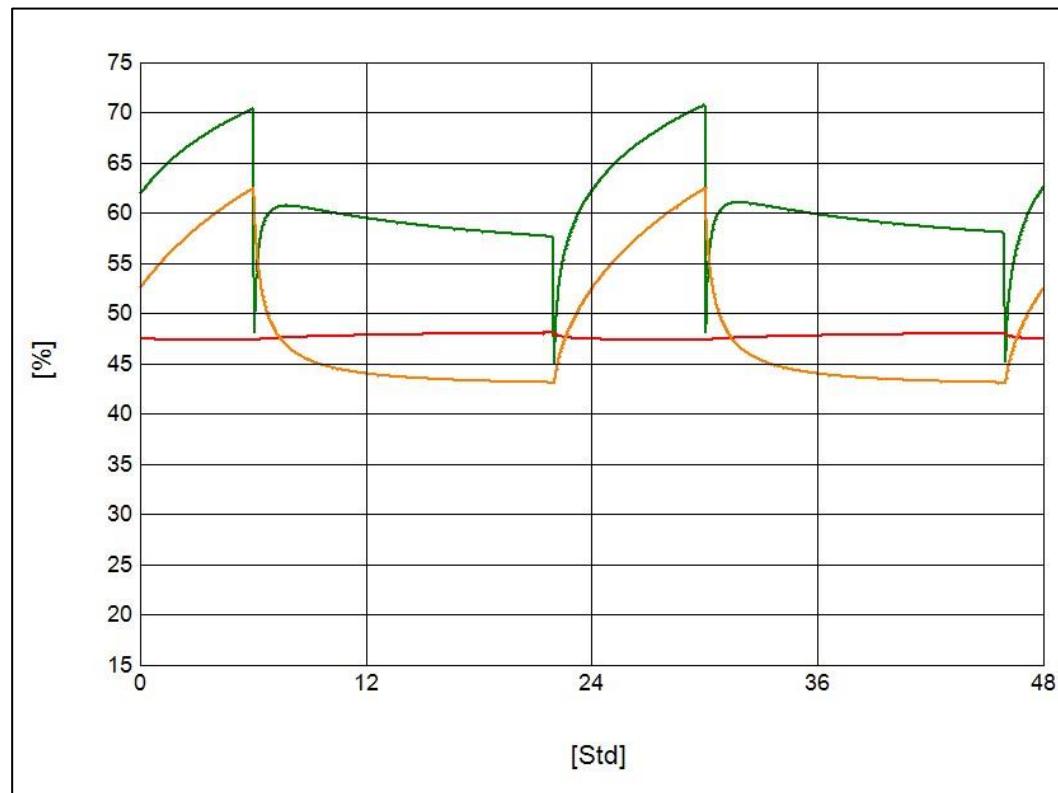


Abbildung 57: Vergleich Stoß- mit Kipplüftung. Ergebnisse für den energetisch modernisierten Altbau bei $+10^{\circ}\text{C}$ 80% rel Feuchte: (Sollwert statisch berechnet: 63%)
 dunkelgrüne Kurve: zweimal 4 Minuten, morgens 6:00 und abends 22:00 pro Tag
 rote Kurve: Kipplüftung nur während Nacht 22 Uhr bis 6 Uhr (etwa 3-facher Luftwechsel)
 orange Kurve: Kipplüftung nur während der Abwesenheit 6 Uhr bis 22 Uhr (3-facher Luftwechsel)

Es ist zu den Ergebnissen anzumerken, dass hier keine weiteren Lüftungsereignisse durch den Nutzer in diesem Raum oder in den mit diesem Raum in Verbindung stehenden Räumen berücksichtigt wurden. Schon diese eher „laborartigen Randbedingungen“ ergeben jedoch eine ausreichende Entfeuchtung des Schlafzimmers, so dass unter realen Randbedingungen diese ebenfalls zu erwarten ist.

Analoge Ergebnisse ergeben sich unter Berücksichtigung der ermittelten Volumenströme und Lüftungsdauern (zweimaliges Lüftungsereignis) auch für den nicht energetisch modernisierten Altbau, da sich die Speichermassen innen nicht ändern. Abbildung 58 zeigt, dass es bei einem zweimaligen Lüftungsereignis von jeweils rund $2 \times 7,2$ Minuten zu einer minimalen Überschreitung von $\phi_{\max} = 34\%$ kommt. Da vermutlich ohnehin kaum ein Nutzer minuten- oder gar sekundengenau lüften wird, kann bei einem 2×10 -minütigen Lüftungsereignis pro Tag von einem aus feuchteschutztechnischer Sicht ausreichendem Maß ausgegangen werden.

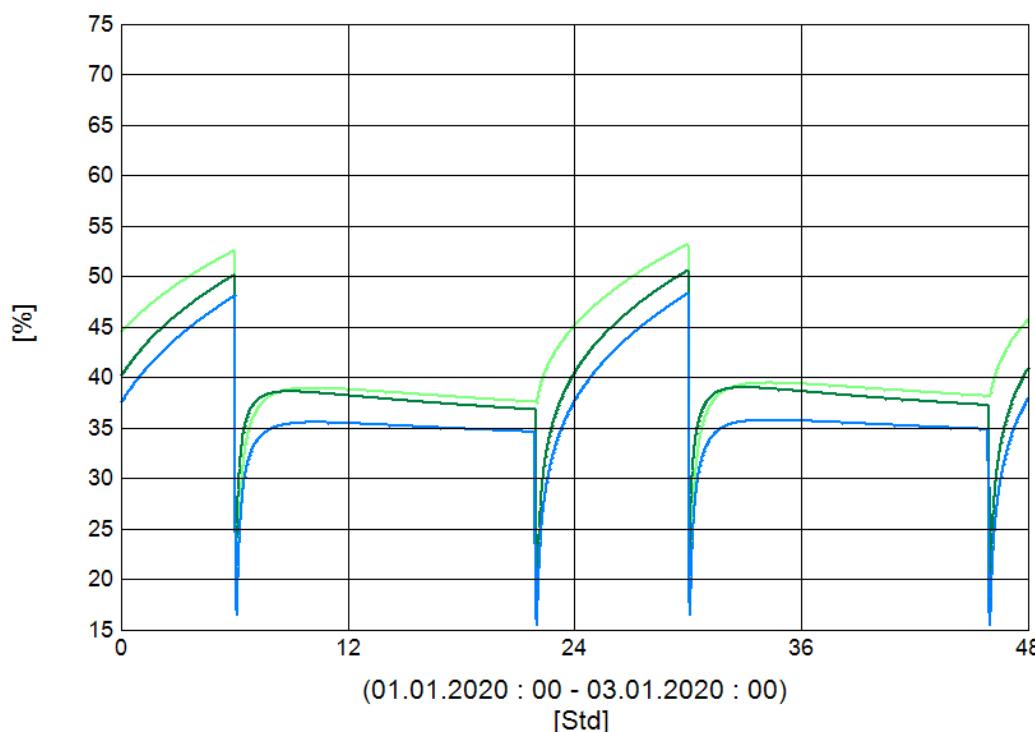


Abbildung 58: Ergebnisse unterschiedlicher Lüftungsstrategien für nicht modernisierten Altbau– Auswirkung auf die relative Feuchte der Innenluft im Schlafzimmer infolge Ad- und Desorption, $\theta_e = -5^\circ\text{C}$; $\phi_e = 80\%$
 hellgrüne Kurve: einmal Lüften mit 7,2 Minuten pro Tag, morgens 6:00
 dunkelgrüne Kurve: zweimal 3,6 Minuten, morgens 6:00 und abends 22:00 pro Tag
 blaue Kurve: Verdopplung der Lüftungsdauer 2 x 7,2 Minuten pro Tag

6.2.7 Gesundheitlich notwendige Lüftung

Anders als die Lüftung zur Schimmelvermeidung nach [15], die sich anhand der in die Wohnung eingetragenen angenommenen Feuchtelasten und gegebenen Bauteiloberflächentemperaturen errechnet, dient die gesundheitlich notwendige Lüftung der Sicherstellung eines gesunden Raumluftklimas, wie es in *Abschnitt 2.2* erläutert wird.

Für den o.a. Schlafräum soll ermittelt werden, wie der von 2 Personen, während 8 Stunden freigesetzte CO₂-Ausstoß abgeführt werden kann. Als nächtlicher Grenzwert wird hier 1.500 ppm angesetzt.

Es sollen zwei Fälle unterschieden werden:

1. Es findet eine kontinuierliche Abfuhr der freigesetzten CO₂-Mengen statt, z.B. weil die Schlafräume zum restlichen Volumen geschlossen bleibt oder kein größeres Volumen zur Verfügung steht oder
2. Die freigesetzten CO₂-Mengen werden auf die gesamte Wohnung bezogen. In diesem Fall müsste die dritte Person in der Wohnung berücksichtigt werden und eine Abfuhr soll konzentriert nach dem Aufstehen erfolgen.

Folgen aus Fall 1:

Ziel einer lüftungstechnischen Maßnahme müsste sein, dass durch geöffnete Fenster die emittierte CO₂-Menge nach Freisetzung abgeführt wird.

Bei einer Zielkonzentration von 1.500 ppm CO₂ ergibt sich bei 2 Personen ein notwendiger Außenluftvolumenstrom von 18 m³/h.

| Schlafzimmer CO ₂ -Bilanz | | Personenanzahl: | | | 2 | |
|--------------------------------------|----|-----------------|-------|------|-------|------|
| schlafender Zustand | 10 | l/h | 10000 | ml/h | 20000 | ml/h |

Tabelle 13: CO₂-Menge für zwei Personen nach [5]

Bezogen auf den kleinen Raum mit 37 m³, ergibt sich eine stündliche CO₂-Abgabe von 541 ml/m³ oder 541 ppm. Rechnet man den ohnehin schon im Raum (durch die Außenluft) befindliche CO₂-Konzentration von 400 ppm hinzu, läge man bei 941 ppm. In *Tabelle 14* ist erkennbar, dass bereits nach gut 2 Stunden die Grenze von 1.500 ppm erreicht würde.

| Raumvolumen: | 37 | m ³ | zuzügl. 400 ml/m ³ o. ppm Startbedingungen | | | | | | | |
|---|-----|-----------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Schlafenszeit: | | h | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| CO ₂ -Emmission im Schlafzimmer: | 541 | ml/(m ³ h) | 941 | 1481 | 2022 | 2562 | 3103 | 3643 | 4184 | 4724 |

Tabelle 14: Akkumulierte CO₂-Konzentration durch zwei Personen bei geschlossenen Fenstern über den Verlauf von 8 Stunden.

Der notwendige Außenluftvolumenstrom um den nächtlichen Grenzwert von 1.500 ppm CO₂ nicht zu überschreiten ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$q_{v,1.500 \text{ ppm}} = \frac{10 \text{ [l/h]} \cdot 2 \text{ [Personen]}}{1.500 \text{ [ppm]} - 400 \text{ [ppm]}} \cdot 1.000 \text{ [ppm]} \quad \text{in m}^3/\text{h} \quad [62]$$

$$q_{v,1.500 \text{ ppm}} = 18 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bei einer Zielkonzentration von 1.500 ppm CO₂ ergibt sich bei 2 Personen ein notwendiger Außenluftvolumenstrom von 18 m³/h.

Mit Hilfe der Rechenalgorithmen der DIN / TS 4108-8 können für den Winter bzw. die Übergangszeit die vorhandenen Volumenströme errechnet werden, so dass die freigesetzte CO₂-Konzentration unmittelbar abgeführt wird.

Zur Abfuhr müsste in der Übergangszeit lediglich der kleinere Flügel des im Raum befindlichen Fensters 10 cm auf Kipp geöffnet werden, um einen mehr als ausreichenden Außenluftvolumenstrom sicherzustellen.

| Gesamtvolumenstrom in Zone | |
|----------------------------|-------------------|
| 40 | m ³ /h |
| Luftwechselrate n | |
| 1,1 | 1/h |

| Einzelergebnisse | | | |
|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | thermisch induziert | windinduziert | kombiniert |
| Fassade 1 | 31 m ³ /h | 25 m ³ /h | 40 m ³ /h |

Tabelle 15: Ergebnistabelle mit Angabe des thermisch und windinduzierten Volumenstroms bei nur 10 Kelvin Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, sowie des Gesamtvolumenstroms für den auf 10 cm Kippmaß geöffneten Fensterflügel mit den Maßen 0,60 auf 1,38 m.

Folgen aus Fall 2:

Würden alle Zimmertüren während der Schlafenszeit von 8 Stunden geöffnet sein, ergäbe sich auf das gesamte Volumen von 161,7 m³ durch drei Personen eine CO₂-Konzentration von insgesamt 1.884 ppm.

$$CO_{2,\text{ges}} = (3 \text{ Pers.} \times 10.000 \text{ ml/h} \times 8 \text{ h Nutzung} / 161,7 \text{ m}^3) + 400 \text{ ppm CO}_{2,\text{Außenluft}}$$

$$CO_{2,\text{ges}} = 1.884 \text{ ppm}$$

Ob hieraus zwingend gesundheitlich nachteilige Folgen resultieren, ist vom Einzelfall abhängig. Die CO₂-Konzentration könnte als „*hygienisch auffällig*“ im Sinne des Bundesumweltamtes bezeichnet werden, siehe auch *Kapitel 2.2.2*.

Würden nach dem Aufstehen die Fenster in beiden Schlafzimmern vollständig geöffnet werden, ergäbe sich ein Gesamtvolumenstrom von 6.524 m³/h oder ein rund 40-facher Luftwechsel. In der Übergangszeit ergibt sich zur Abfuhr der CO₂-Konzentration eine Lüftungsdauer von rund 2 Minuten.

| |
|---|
| Luftvolumenströme infolge Fensterlüftung |
| Gesamtvolumenstrom in Zone: 6.524 m ³ /h |
| Luftwechselrate n = 40,3 1/h |

| Einzelergebnisse | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | thermisch induziert | windinduziert | kombiniert |
| Fassade 1 | 1.327 m ³ /h | 1.051 m ³ /h | 1.693 m ³ /h |
| Fassade 2 | 964 m ³ /h | 763 m ³ /h | 1.230 m ³ /h |
| 2-seitige Lüftung | 0 m ³ /h | 6.524 m ³ /h | 6.524 m ³ /h |

Tabelle 16: Gesamtvolumenstrom bei Querlüftung durch Stoßlüftung über vollständig geöffnete Schlafzimmerfenster.

Soll im Wohnraum der CO₂-Gehalt der Raumluft tagsüber bei Anwesenheit aller Bewohner 1.000 ppm nicht überschreiten, ist dazu ein regelmäßiges Öffnen der Fenster erforderlich. Wird nach [5] mit einem CO₂-Ausstoß von 16 l/h je wacher Person gerechnet, ist für die Beispielwohnung mit einem Innenvolumen von 161,7 m³ bei einer Nutzung von 3 Personen, nach 2 h dieser Grenzwert erreicht.

| | |
|---|------------------------------|
| CO ₂ -Ausstoß pro Person je Stunde bei 6,7 l/min | 16.000 ml/h |
| Raumvolumen | 161,7 m ³ |
| Personenanzahl | 3 Personen |
| CO ₂ -Anstieg pro h durch Raumbelegung | 597 ml/m ³ o. ppm |
| CO ₂ -Gehalt der Außenluft | 400 ml/m ³ o. ppm |
| CO ₂ -Gehalt der Raumluft nach 2 h | 997 ml/m ³ o. ppm |

Tabelle 17: CO₂-Anstieg in der Beispielwohnung bei einer Nutzung durch drei Personen

Um das durch Nutzung eingetragene CO₂ nach außen abzuführen, ist ein Außenluftvolumenstrom in Höhe von ca. 80 m³/h notwendig.

$$q_{v,1.000 \text{ ppm}} = \left(\frac{16 \text{ [l/h]} \cdot 3 \text{ [Personen]}}{1.000 \text{ [ppm]} - 400 \text{ [ppm]}} \cdot 1.000 \text{ [ppm]} \right) \text{ in m}^3/\text{h} \quad [62]$$

$$q_{v,1.000 \text{ ppm}} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dazu sind die Fenster zu öffnen. Der aus dem Volumenstrom sich ergebende Luftwechsel bei voller Anwesenheit der Bewohner beträgt 0,5 h⁻¹ bei einem Zielwert von 1.000 ppm; bei einem Zielwert von 1.500 ppm lässt sich dieser Wert etwa halbieren.

In *Abschnitt 6.2.4* ist der Außenluftvolumenstrom über geöffnete Fenster hergeleitet worden. Daraus ergeben sich für die Aufenthaltsräume Volumenströme nach *Tabelle 18*:

| Raum | Winter mit θ _e = -5 °C | | Übergangszeit mit θ _e = 10 °C | |
|--------------|--|---|--|---|
| | Gesamtvolumenstrom bei vollständig geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei auf Kipp geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei vollständig geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei auf Kipp geöffneten Fenstern |
| Schlafzimmer | 2.399 m ³ /h | 164 m ³ /h | 1.693 m ³ /h | 116 m ³ /h |
| Kinderzimmer | 1.760 m ³ /h | 131 m ³ /h | 1.241 m ³ /h | 93 m ³ /h |
| Wohnzimmer | 5.791 m ³ /h | 325 m ³ /h | 5.302 m ³ /h | 297 m ³ /h |
| Küche | 1.307 m ³ /h | 98 m ³ /h | 922 m ³ /h | 69 m ³ /h |
| Badezimmer | 644 m ³ /h | 48 m ³ /h | 454 m ³ /h | 34 m ³ /h |

Tabelle 18: vorhandene Volumenströme für unterschiedliche Temperaturen der Außenluft und Fensterstellungen

Für das Wohnzimmer soll die notwendige Fensteröffnungsduer beispielhaft erläutert werden *Tabelle 19* und *Tabelle 20*.

| Raum | Personen-belegung | Gesamt-Außenluftbedarf über geöffnete Fenster | Öffnungsduer vom Fenster im Wohnzimmer | |
|------------|-------------------|---|--|---------------------------|
| | | | Kippstellung | Fenster komplett geöffnet |
| Wohnzimmer | 3 | 80 m ³ /h | 15 min | 1 min |

Tabelle 19: Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$

| Raum | Personen-belegung | Gesamt-Außenluftbedarf über geöffnete Fenster | Öffnungsduer vom Fenster im Wohnzimmer | |
|------------|-------------------|---|--|---------------------------|
| | | | Kippstellung | Fenster komplett geöffnet |
| Wohnzimmer | 3 | 80 m ³ /h | 16 min | 1 min |

Tabelle 20: Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung, Übergangszeit mit $\theta_e = 10^\circ\text{C}$

Soll bei einer Nutzung des Wohnzimmers durch drei Personen ein CO₂-Gehalt der Raumluft von 1.000 ppm nicht überschritten werden, sind nach zwei Stunden die Fenster für ca. 2 Minuten vollständig zu öffnen.

6.2.8 5. Schritt: Erläuterung des Lüftungskonzeptes

Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich auf die vorherigen Berechnungen, die sich alternativ auf einen energetisch nicht modernisierten Altbaustandard, als auch auf einen energetisch modernisierten Altbau beziehen. In der Wirklichkeit wird verständlicherweise nur ein baulicher Ist-Zustand im Hinblick auf die Frage, wie zu lüften ist, erläutert.

6.2.8.1 Folgen des Lüftungskonzeptes Lüftung über Fenster

Die größten Volumenströme werden erwartungsgemäß über vollständig geöffnete Fensterflügel hervorgerufen. Der Volumenstrom eines auf Kipp stehenden Fensters entspricht in den Beispielen nicht einmal 10 Prozent eines vollständig geöffneten Fensters. Beide Effekte setzen ein Tätigwerden des Nutzers voraus.

Während im Schlafzimmer, die von zwei Personen hervorgerufenen Feuchtelasten im Raum über 8 Stunden auftreten, treten diese im Badezimmer sehr kurzfristig und auf einem höheren Niveau auf.

Weitere Feuchteabgaben über Pflanzen oder Wäschetrocknen im Raum usw. wurden nicht berücksichtigt. Die Wäsche kann entweder auf dem Balkon oder in Trockenräumen aufgehängt werden. Eine höhere Belegungsdichte oder zusätzliche Feuchtelasten bedeuten zwangsläufig eine Verlängerung der Lüftungsduer oder ggf. auch eine Wiederholung des Luftwechsels.

Die ermittelten Volumenströme sind von der Querschnittsfläche des jeweils geöffneten Fensters und weiterhin auch von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen und vom absoluten Feuchtegehalt der Luft außen abhängig. Hinsichtlich der Querschnittsfläche ist zu beachten, dass beispielsweise Strömungswiderstände wie durch herabgelassene Rollladenlamellen diese reduzieren. In den Berechnungen wurde eine mittlere relative Feuchte von 80 Prozent berücksichtigt. Bei höheren Feuchtegehalten ergeben sich entsprechend längere Lüftungsduern.

Steigt die Temperatur außen, reduziert sich die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen; oder anders ausgedrückt: Je wärmer die Temperatur außen, desto geringer wird der thermisch induzierte Volumenstrom; in der Übergangszeit liegt dieser etwa um 30 Pro-

zent niedriger als im Winter. In *Abbildung 54* ist erkennbar, dass gerade bei geringen Temperaturdifferenzen (bis zu 6,5 Kelvin) der windinduzierte Volumenstrom (ermittelt nach DIN / TS 4108-8 [15]) im Schlafzimmer dominiert.

Werden im **energetisch nicht modernisierten Schlafzimmer** beide Fensterflügel auf Kipp in der Übergangszeit geöffnet, liegt der hierdurch hervorgerufene Gesamtvolumenstrom über dem erforderlichen Volumenstrom (116 m³/h nach *Tabelle 10* zu 61 m³/h nach *Tabelle 11*). Wird der kleinere Fensterflügel geschlossen, reduziert sich der Volumenstrom auf 79 m³/h und liegt aber immer noch knapp über dem erforderlichen, sofern kontinuierlich über 8 Stunden das Fenster geöffnet bleibt.

Wichtig hierbei ist, dass die Heizung nicht heruntergeregt wird (was verständlicher Weise Lüftungswärmeverluste hervorruft), vergl. hierzu die Hinweise von *Abbildung 37* und *Abbildung 39*. Eine nennenswerte Speicherung von Feuchtigkeit ist hierbei nicht zu erwarten, da durch den Gesamtvolumenstrom die freigesetzte Feuchtigkeit kontinuierlich abgeführt wird. Wird das Schlafzimmer während des Schlafens kontinuierlich gelüftet, besteht auch nicht das Risiko einer zu hohen CO₂-Konzentration.

Bei einer zeitlich begrenzten Stoßlüftung mit vollständig geöffneten Fenstern beträgt die Lüftungsdauer nur wenige Minuten. Aufgrund der den Raum umschließenden Bauteilflächen sowie Einrichtungsgegenständen (Möbel, Bettzeug, usw.) und die hierdurch hervorgerufenen Feuchtespeichereffekte wird eine Lüftungsdauer im energetisch modernisierten Zustand des Wohngebäudes bei einer Nutzung von 8 Stunden zwischen 3 und 8 Minuten (siehe *Tabelle 11*, bzw. *Abbildung 55* und *Abbildung 56*) pro Tag und beim energetisch nicht modernisierten Altbau zwischen 8 und 16 Minuten (siehe *Tabelle 11*) betragen.

In diesem Zusammenhang ist auch der aus gesundheitlichen Gründen zur Abfuhr von CO₂ notwendige Luftaustausch anzusprechen. Bleiben die Schlafzimmertür und die Fenster geschlossen, steigt die CO₂-Konzentration innerhalb von 1 bis 2 Stunden auf ein Niveau über 1.000 ppm an, um innerhalb einer Belegungszeit von insgesamt 8 Stunden durch zwei Personen Werte über 3.000 ppm zu erreichen.

Bleiben die Fenster geschlossen und wird die Schlafzimmertür zur Wohnung hin geöffnet, wird das gesamte Luftvolumen der Wohnung angekoppelt. In diesem Fall verteilt sich die CO₂-Konzentration auf das entsprechend größere Luftvolumen der Wohnung, so dass über eine Querlüftung in weniger als 5 Minuten die vorhandene CO₂-Konzentration auf das Maß der Außenluft ausglichen wird. Anders als bei Feuchtigkeit ist auch nicht bekannt, dass CO₂ in den Baustoffen oder Einrichtungsgegenständen eingespeichert wird. Eine wiederholte Lüftung würde daher nicht erforderlich.

Im **Badezimmer** des energetisch nicht modernisierten Altbaus führt eine Kipplüftung im Winter zu gut einer 4-stündigen Lüftungsdauer, in der Übergangszeit zu einer gut 8-stündigen Lüftungsdauer. Im energetisch modernisierten Altbau oder auch Neubau beträgt die Lüftungsdauer knapp 6 Stunden in der Übergangszeit und rund 3 Stunden im Winter.

Im Lichte dieser langen Lüftungsdauern bietet sich auch hier die Stoßlüftung über ein vollständig geöffnetes Fenster unmittelbar nach der Feuchtfreisetzung an. Die Lüftungsdauer beträgt im Winter knapp 20 Minuten und in der Übergangszeit etwa die doppelte Zeit (knapp 40 Minuten).

Die Feuchteabgabe pro Tag wurde insgesamt und hintereinander mit 20 Minuten berücksichtigt. Sollte diese auf den gesamten Tag zu unterschiedlichen Zeiten erfolgen (3 x duschen à knapp 7 Minuten), wären näherungsweise die Lüftungsdauern zu dritteln:

Beispiel:

Lüften des Badezimmers in der Übergangszeit in einem Zug (Nutzungsdauer: 20 Minuten):

rund 40 Minuten

Lüften zu unterschiedlichen Zeiten

(Nutzungsdauer jeweils knapp 7 Minuten):

jeweils rund 13 Minuten

Der Einfluss der Adsorption wird hier vernachlässigt, da i.d.R. nur geringe Speichermassen im Falle eines gefliesten Badezimmers vorhanden sind. Dieses Vorgehen erscheint auch deswegen gerechtfertigt, da es außer der Feuchteabfuhr gerade im Badezimmer noch andere Lüftungsanlässe gibt (Geruchsabfuhr). Eine CO₂-Konzentration kann hier ebenso wie im Flurbereich vernachlässigt werden.

Zur Kontrolle des Erfolgs der Lüftung werden Feuchte- und CO₂-Messfühler empfohlen. Die Lüftungsduern stellen Orientierungswerte dar, die nicht unterschritten werden sollten. Die Volumenströme im Winter wurden für eine Außentemperatur von -5 °C ermittelt, eine Temperatur, die in den zurückliegenden Jahren in weiten Bereichen der Bundesrepublik eher selten gemessen wurde.

Während der Heizzeit werden in der Wirklichkeit die Außentemperaturen vermutlich höher sein, so dass empfohlen wird, die ermittelten Lüftungsdauern für die Übergangszeit heranzuziehen.

Für eine gesundheitliche Lüftung bei Nutzung der Wohnung durch drei Personen sind, um einen CO₂-Gehalt der Raumluft von 1.000 ppm tagsüber nicht zu überschreiten, beispielsweise die Fenster im Wohnzimmer alle 2 h für ca. 3 Minuten vollständig zu öffnen.

Anmerkung: Überlagert werden die o.a. Gesamtvolumenströme in jedem Gebäude (auch in Gebäuden mit raumlufttechnischen Anlagen) von dem Nutzerluftwechsel und ggf. dem Luftwechsel über Infiltration. Der Nutzerluftwechsel, der in jeder Wohnung durch übliche Nutzerverhalten hervorgerufen wird, wie das Öffnen der Wohnungseingangs- oder Haustür, beim Verlassen oder Betreten der Wohnung oder des Hauses, dem Heraustreten auf den Balkon oder die Terrasse, dem spontanen Bedürfnis, einfach einmal das Fenster zu öffnen, wenn einem Nutzer danach ist.

Im Sommer kann eine Lüftung ebenfalls sinnvoll sein, und zwar insbesondere in der zweiten Nachhälfte, wenn die Temperatur der Luft außen niedriger ist als die Temperatur der Luft innen.

Bei jedem Volumenstrom, bei dem das Fenster insbesondere in der Nacht geöffnet wird, sind schallschutztechnische Aspekte, Beeinträchtigungen durch den Außenlärm zu beachten. Während bei einer Bestandssanierung i.d.R. hierauf wenig Einfluss durch bauliche Maßnahmen genommen werden (Ausnahme spezielle Kastenfenster mit schallabsorbierender Bekleidung im Zwischenraum), wäre bei einer Neubaukonzeption unbedingt hierauf zu achten.

6.2.8.2 Risiken des Lüftens über Fenster Fazit/Ergebnis

Nach Feuchte- und Schadstofffreisetzung muss gelüftet werden; bleibt diese Regel längere Zeit unberücksichtigt, hat dies Folgen. Bei Vorliegen von Nährstoffen kann an Bauteilloberflächen mit niedrigen Temperaturen Schimmel auftreten. In verschlossenen Schlafzimmern besteht darüber hinaus das Risiko, dass eine zu hohe CO₂-Konzentration auftritt. Hier kann die CO₂-Konzentration in Form von Kopfschmerzen am Morgen in Erscheinung treten.

Das Lüftungsintervall ist an die Feuchte- und Schadstofffreisetzung anzupassen. Dabei wird das Prinzip „so viel wie nötig, so wenig wie möglich“ anzuwenden sein. Wird jedoch das Fenster in der Heizperiode dauerhaft auf Kipp gestellt, oder länger als notwendig geöffnet, führt dies i.d.R. zu größeren Wärmeverlusten im Vergleich zu der errechneten, notwendigen Stoßlüftung. Größere Lüftungswärmeverluste haben höhere Heizkosten zur Folge.

Im Winter wird die kalte Luft jedoch bisweilen als unangenehm empfunden, so dass hier eine „Ankopplung“ der Schlafräume an das gesamte Raumvolumen der Wohnung Abhilfe schafft. Die o.a. Volumenströme müssen dann auch in den lüftungstechnisch angekoppelten Räumen gewährleistet werden. Eine Querlüftung kann etwa zu einer Halbierung der Lüftungsdauern führen.

Achtung: Eine indirekte Beheizung von nur gering beheizten Räumen über z.B. normal beheizte Aufenthaltsräume birgt das Risiko, dass mit dem Wärmestrom (vom Ort der höheren zum Ort mit der niedrigeren Temperatur) auch Feuchte in die betreffenden Räume gelangt und dann dort zu höheren Feuchten führt. Abhilfe schafft hier nur eine gleichmäßige Beheizung aller Räume insgesamt.

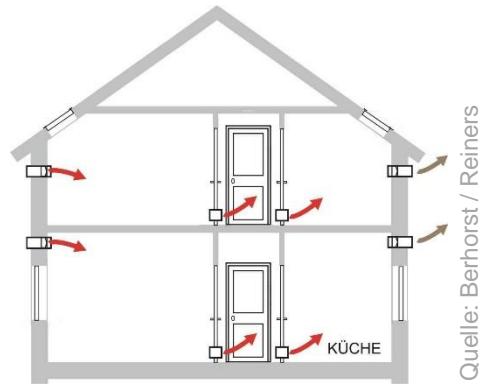
Für vorerkrankte Personengruppen, die unter Pollen-Allergien leiden, kann insbesondere ein kontinuierlicher Luftaustausch mit ungefilterter Außenluft zur Verstärkung von Krankheitssymptomen führen.

Unterbleibt im Sommer eine entsprechende Belüftung, kann es über einen längeren Zeitraum zu unbehaglich hohen Innentemperaturen kommen. Insbesondere in Schlafräumen können zu hohe Innentemperaturen die Nachtruhe beeinträchtigen und somit zu Schlafmangel führen.

6.2.9 Eigenschaften der Lüftung über Fenster

- + Über die geöffneten Fenster kann, an den Bedarf angepasst, in kurzer Zeit ein großer Luftaustausch erreicht werden.
- + Der Luftaustausch kann insbesondere über eine Querlüftung noch erhöht werden, wenn mehrere Räume gleichzeitig über Fenster gelüftet werden.
- + Über die Lüftung kann sowohl der Volumenstrom zum Bautenschutz als auch der gesundheitlich erforderliche Volumenstrom sichergestellt werden.
- + Offenbare Fenster sind aus Gründen der Belichtung und Belüftung ohnehin in jedem Aufenthaltsraum nach Landesbauordnung vorgeschrieben und rufen daher keine zusätzlichen Investitionen hervor.
- + Wird die Lüftung an den Bedarf angepasst, kann dies aus energetischer Sicht zu geringeren Lüftungswärmeverlusten im Vergleich zu den Standards im öffentlich-rechtlichen Nachweis führen, siehe dazu *Abschnitte 2.3 und 6.3*.
- + Die Lüftung über Fenster benötigt keine elektrische Antriebsenergie.
- + Die Lüftung über Fenster verursacht keine nennenswerten zusätzlichen Wartungskosten.
- + Die Lüftung über Fenster ist ganzjährig nutzbar und kann im Sommer zur erhöhten Nachtlüftung eingesetzt werden, um Wärme aus dem Baukörper abzuführen.
- + In Verbindung mit einem elektrischen Stellantrieb am Fenster kann eine Lüftung auch unabhängig vom Nutzer erreicht werden.
- + Lüften über Fenster ist gewohnt, einfach und robust.
- Über geöffnete Fenster gelangt Außenlärm in den Wohnraum.
- Der Nutzer ist verantwortlich für den erreichten Luftaustausch. Dies kann aus den verschiedenen Anlässen fürs Lüften heraus ein zu geringer oder auch ein zu hoher Luftaustausch sein.
- Die Volumenströme über die geöffneten Fenster sind nicht exakt steuerbar und hängen von den Außen- und Innenbedingungen ab wie Temperatur und Windverhältnissen.
- Wird in Intervallen über Stoßlüftungen gelüftet, muss das Ad- und Desorptionsvermögen der Baustoffe berücksichtigt werden, die eingelagerte Feuchtigkeit muss wieder an die Raumluft abgegeben und dann durch eine längere Lüftungsdauer oder einen wiederholten Luftwechsel nach außen abgeführt werden.
- Eine Lüftung über Fenster ermöglicht keine Filterung der Außenluft.
- Die in der Abluft enthaltene Wärme wird ungenutzt nach außen geführt.
- Eine Lüftung über Fenster wird im öffentlich-rechtlichen Nachweis nicht bonifiziert
- Herabgelassene Rollläden können einen erhöhten Widerstand des vorhandenen Luftvolumenstroms hervorrufen.

6.3 Beispiel: Fensterlüftung + freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD)



6.3.1 Außenbauteil-Luftdurchlässe ALD

6.3.1.1 Einsatz und Funktionsweise

Außenbauteil-Luftdurchlässe können für freie und ventilatorgestützte Lüftungssysteme zur Zufuhr von Außenluft oder Abfuhr von Fortluft eingesetzt werden. Am Markt sind unterschiedliche Systeme verfügbar, die am oder im Fenster oder im Bereich der Außenwand vorgesehen werden. Nach DIN 1946-6 [38] werden nur manuell einstellbare und verschließbare oder über eine geeignete Führungsgröße selbsttätig regelnde ALD verwendet bzw. berücksichtigt.



Abbildung 59: ALD als Aufsatzelement am Blendrahmen montiert, Quelle linke Abbildung ift Rosenheim

Luftdurchlässe, die als Aufsatzelement an den Blendrahmen über dem Fenster montiert und über die gesamte Breite des Fensters ausgebildet werden, haben einen großen freien Lüftungsquerschnitt und sind so in der Lage, auch bei kleinen Differenzdrücken höhere Außenluft-Volumenströme zur Verfügung zu stellen. Zudem sind am Markt Systeme verfügbar, die neben einem hohen Außenluftvolumenstrom auch einen guten Schallschutz gewährleisten.

| Volumenstrom in m ³ /h – abhängig von Hersteller, Typ und Einbaulänge | | |
|--|------|---------------------------------|
| Differenzdruck zwischen innen und außen | 2 Pa | ca. 20 bis 40 m ³ /h |
| | 4 Pa | ca. 30 bis 60 m ³ /h |
| | 8 Pa | ca. 50 bis 80 m ³ /h |

Tabelle 21: Mögliche Volumenströme von Außenbauteil-Luftdurchlässen als Aufsatzelemente am Blendrahmen montiert



Abbildung 60: ALD als Aufsatzelement in Blendrahmen montiert, Quelle linke Abbildung ift Rosenheim

Außenbauteil-Luftdurchlässe, die im Fensterrahmen, dem Rollladenkasten oder in der Außenwand vorgesehen werden, weisen i.d.R. einen etwas geringeren maximal möglichen Außenluftvolumenstrom auf. Das erreichbare Schalldämmmaß der Außenwand ist hier aufgrund der begrenzten Dämpfungsmöglichkeiten ebenfalls geringer.

| Volumenstrom in m ³ /h – abhängig von Hersteller und Typ | | |
|---|------|---------------------------------|
| Differenzdruck zwischen innen und außen | 2 Pa | ca. 10 bis 15 m ³ /h |
| | 4 Pa | ca. 15 bis 20 m ³ /h |
| | 8 Pa | ca. 25 bis 30 m ³ /h |

Tabelle 22: Mögliche Volumenströme von Außenbauteil-Luftdurchlässen als Aufsatzelemente in Blendrahmen oder der Außenwand montiert

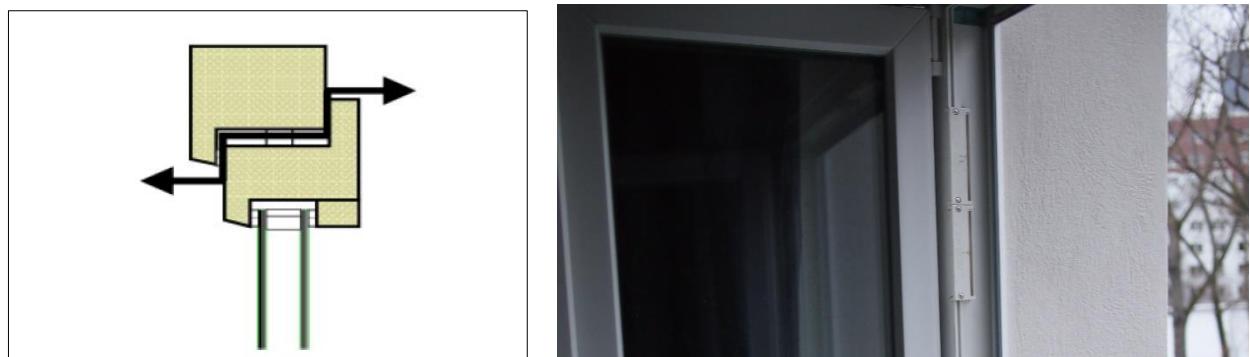


Abbildung 61: ALD als Fensterfalzlüfter, Quelle linke Abbildung ift Rosenheim

Außenbauteil-Luftdurchlässe, die im Blendrahmenfalg montiert werden, unterbrechen partiell die Dichtebene und durchströmen den Blendrahmenfalg mit Außenluft. Der erreichbare Volumenstrom hängt hier davon ab, ob der Blendrahmen direkt durchströmt wird oder als Strömungsweg genutzt wird.

| Volumenstrom in m ³ /h – abhängig von Hersteller und Typ | | |
|---|------|--------------------------------|
| Differenzdruck zwischen innen und außen | 2 Pa | ca. 2 bis 7 m ³ /h |
| | 4 Pa | ca. 3 bis 10 m ³ /h |
| | 8 Pa | ca. 4 bis 15 m ³ /h |

Tabelle 23: Mögliche Volumenströme von Außenbauteil-Luftdurchlässen als Fensterfalzlüfter

6.3.1.2 Schall

Der über Außenbauteil-Luftporen eingebaute Außenluftvolumenstrom bzw. abgeführt Fortluftvolumenstrom und der darüber eingetragene Schall stehen in einem direkten Zusammenhang. Soll ein hoher Volumenstrom über Außenbauteil-Luftporen gewährleistet werden, so wird auch ein vermehrter Eintrag von Außenlärm über die Lüftungsquerschnitte erfolgen. Dem kann durch zusätzliche Schalldämmmaßnahmen am ALD entgegengewirkt werden.

Für die Lüftung unter Schallschutzaspekten sind schalltechnisch ertüchtigte Luftporen verfügbar. Die Berechnung des resultierenden bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Außenwand bestehend aus Wand, Fenster, ALD erfolgt nach der Normenreihe DIN 4109. Dienen ALD einer kontinuierlichen Lüftung, müssen diese für die Berechnung des Schalldämm-Maßes im geöffneten Zustand in Ansatz gebracht werden.

6.3.1.3 Auskühlung

Werden Außenbauteil-Luftporen im Winter von innen nach außen mit Fortluft durchströmt, kann es in Abhängigkeit des Feuchtegehalts der Luft und des Luftweges zu einem Kondensatausfall kommen. Nicht alle ALD sind geeignet, das Kondensat nach außen abzuleiten. So kann bei einem ALD am Rollladenkasten durch gefrierendes Kondensat der Fortluft der Rolladenpanzer einfrieren. Bei ALD im Fensterfalg muss das ggf. im Blendrahmen anfallende Kondensat beim täglichen Lüften aufgenommen werden.

Werden ALD im Winter von außen nach innen mit kalter Außenluft durchströmt, kann es im Bereich der Durchdringung zu einer Auskühlung der Bauteiloberfläche kommen. Die Auskühlung hängt ab von Temperatur und Volumenstrom der Außenluft, der Fläche und der Bauteildämmung und kann hierdurch Auswirkungen auch auf die Dämmeigenschaften und somit auf den Transmissionswärmeverlust haben.

6.3.2 Grundsätzliche Funktion

Das Fenster dient bei diesem Lüftungssystem der hygienischen Lüftung (siehe 6.2). Das Querlüftungssystem dient je nach Auslegung der Gewährleistung eines gewissen Luftaustauschs, ohne dass dazu die Fenster geöffnet werden müssen.

Zur Lüftung über Querlüftungssysteme werden Außenbauteil-Luftporen in und am Fenster bzw. der Außenwand vorgesehen. Der wirksame Differenzdruck zwischen innen und außen ergibt sich aus der Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innentemperatur und den Windverhältnissen an den Fassaden. Der wirksame Außenluftvolumenstrom hängt analog zur Lüftung über Fenster ab von:

- Anzahl und Typ der ALD
- Orientierung und Höhe der ALD
- Innentemperatur
- Außentemperatur
- Windkraft
- Höhe der gelüfteten Wohnung im Gebäude bzw. Höhe des gelüfteten Gebäudes

6.3.3 Randbedingungen

Die in der Abbildung 62 dargestellte Wohnung soll mit dem Lüftungssystem Fensterlüftung und freie Lüftung über Außenbauteil-Luftporen (ALD) in ihrer Gesamtheit belüftet werden. Über das freie Querlüftungssystem soll der Bautenschutz nutzerunabhängig sichergestellt werden. Das gesundheitlich notwendige Lüften soll über die manuell zu öffnenden Fenster erfolgen.

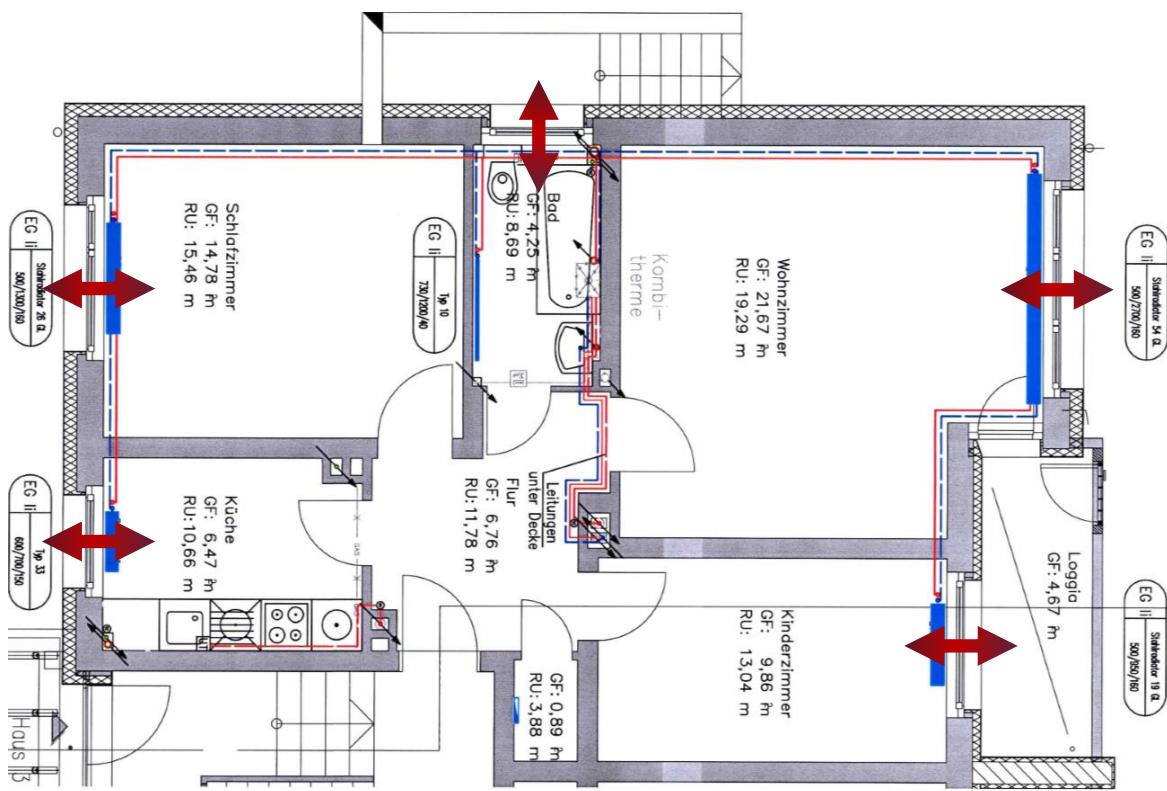


Abbildung 62: Grundrissausschnitt EG eines Mehrfamilienhauses mit Außenbauteil-Luftdurchlässen ALD, modifizierte Abbildung Firma Grundlach-Wohnungsunternehmen.

| Raum | Gelüftete Wohnfläche A_L | Mittlere Raumhöhe h | Luftvolumen V_{NE} | Fensterflügel (lichtes Maß) |
|--------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|
| Wohnzimmer | 21,67 m ² | 2,5 m | 54,18 m ³ | 2,025 m x 1,38 m, 0,665 m x 1,95 m |
| Schlafzimmer | 14,78 m ² | | 36,95 m ³ | 1,3 m x 1,38 m, 0,6 m x 1,38 m |
| Kinderzimmer | 9,86 m ² | | 24,65 m ³ | 1,39 m x 1,38 m |
| Küche | 6,47 m ² | | 16,18 m ³ | 1,015 m x 1,38 m |
| Bad | 4,25 m ² | | 10,63 m ³ | 1,015 m x 1,38 m |
| Flur und Garderobe | 7,65 m ² | | 19,11 m ³ | - |
| Wohnung gesamt | 64,68 m ² | | 161,7 m ³ | |

Tabelle 24: Flächen, Luftvolumen und Fensterabmessungen der Beispielwohnung

Nachfolgend erfolgt ein Nachweis auf Basis der DIN 1946-6 [38], parallel dazu erfolgt ein Vergleich mit der Herleitung in *Abschnitt 6.2*.

Es sollen für diese Wohnung die notwendigen Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) für ein freies Querlüftungssystem ermittelt werden. Das freie Querlüftungssystem soll für die in *Abschnitt 6.2* ermittelten Feuchtelasten sowie die Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 ausgelegt werden. Eine nach dieser Norm zulässige Berücksichtigung der Infiltration von Außenluft erfolgt aus den in *Abschnitt 3.3* erläuterten Gründen nicht.

6.3.4 Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms

DIN 1946-6 geht bei einer 70 m² großen Wohnung von einer mittleren täglichen Feuchtelast in Höhe von etwa 6,5 kg/d aus. In *Tabelle 4* sind die täglichen Feuchtelasten genannt, die hier berücksichtigt worden sind. Im Gegensatz zum *Abschnitt 6.2* geht DIN 1946-6 davon aus, dass die Feuchtelast nur temporär in die Raumluft eingetragen wird, die Lüftung, die diese Feuchte abführen soll, sondern ständig über 24 h/d erfolgt. Die temporär

eingetragenen Feuchtelasten werden also stetig weggelüftet. Diese Lüftung wird in der DIN 1946-6 „*Lüftung zum Feuchteschutz*“ genannt und schließt laut Definition Feuchtigkeit aus Wäschetrocknungsprozessen aus.

6.3.4.1 Steter Außenluftvolumenstrom nach DIN 1946-6

DIN 1946-6 unterscheidet bei der Berechnung der notwendigen Volumenströme nach dem Wärmeschutz des Gebäudes:

Wärmeschutz gering: $f_{Rsi} = 0,59$

Wärmeschutz hoch: $f_{Rsi} = 0,72$

Werden die Randbedingungen von *Abschnitt 6.2* angenommen, ergeben sich daraus folgende Oberflächentemperaturen θ_{si} :

Wärmeschutz gering im Winter, $\theta_e = -5^\circ C$; $\theta_i = 20^\circ C$

$$\theta_{si} = f_{Rsi} \cdot (\theta_i - \theta_e) + \theta_e$$

$$\theta_{si} = 0,59 \cdot (20^\circ C - (-5^\circ C)) + (-5^\circ C)$$

$$\theta_{si} = 9,8^\circ C$$

Wärmeschutz gering in der Übergangszeit, $\theta_e = 10^\circ C$; $\theta_i = 20^\circ C$

$$\theta_{si} = 0,59 \cdot (20^\circ C - 10^\circ C) + 10^\circ C$$

$$\theta_{si} = 15,9^\circ C$$

Wärmeschutz hoch im Winter, $\theta_e = -5^\circ C$; $\theta_i = 20^\circ C$

$$\theta_{si} = 0,72 \cdot (20^\circ C - (-5^\circ C)) + (-5^\circ C)$$

$$\theta_{si} = 13^\circ C$$

Wärmeschutz hoch in der Übergangszeit, $\theta_e = 10^\circ C$; $\theta_i = 20^\circ C$

$$\theta_{si} = 0,72 \cdot (20^\circ C - 10^\circ C) + 10^\circ C$$

$$\theta_{si} = 17^\circ C$$

DIN 1946-6 nimmt jedoch gegenüber *Abschnitt 6.2* folgende Innenraumtemperaturen an:

- Schlafzimmer $\theta_i = 16^\circ C$
- Kinderzimmer nachts $\theta_i = 16^\circ C$
Kinderzimmer tags $\theta_i = 20^\circ C$
- Wohnzimmer $\theta_i = 20^\circ C$
- Küche $\theta_i = 20^\circ C$
- Bad $\theta_i = 22^\circ C$

D.h. in der Norm wird im Schlafzimmer eine kritischere, geringere Innentemperatur und im Bad eine günstigere, höhere Innentemperatur angenommen.

DIN 1946-6 ermittelt den für die Lüftung zum Feuchteschutz nötigen Außenluftvolumenstrom einerseits bezogen auf die Wohnfläche, andererseits bezogen auf die einzelnen Räume der Wohnung. Dabei werden immer die höheren Anforderungen berücksichtigt.

Dafür wird in Bezug auf die Fläche eine empirisch ermittelte Gleichung zur Ermittlung der Lüftung zum Feuchteschutz angegeben:

$$q_{v,ges,NE,FL} = f_{WS} \cdot (-0,002 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 11)$$

Gleichung 9

Dabei ist:

$q_{v,ges,NE,FL}$ der Luftvolumenstrom für den Feuchteschutz, in m^3/h ;

A_{NE} die Fläche der Nutzungseinheit, in m^2 ;

f_{WS} der Faktor zur Berücksichtigung des Wärmeschutzes des Gebäudes bei einer hohen Belegung von weniger als $40 m^2/Person$ ergibt sich ein Faktor von 0,4 für den Wärmeschutz gering und 0,3 für den Wärmeschutz hoch

Daraus ergibt sich für die Beispielwohnung für den Wärmeschutz gering:

$$q_{v,ges,NE,FL,WS \text{ gering}} = 0,4 \cdot (-0,002 \cdot 64,68^2 + 1,15 \cdot 64,68 + 11)$$

$$q_{v,ges,NE,FL,WS \text{ gering}} = 31 m^3/h$$

bzw. für den Wärmeschutz hoch:

$$q_{v,ges,NE,FL,WS \text{ hoch}} = 0,3 \cdot (-0,002 \cdot 64,68^2 + 1,15 \cdot 64,68 + 11)$$

$$q_{v,ges,NE,FL,WS \text{ hoch}} = 23 m^3/h$$

Bezogen auf die einzelnen Räume ergibt sich nach DIN 1946-6 folgende steten Volumenströme, *Tabelle 25*

| Raum | Wärmeschutz gering | Wärmeschutz hoch |
|--------------|--------------------|------------------|
| Wohnzimmer | 18 m^3/h | 10 m^3/h |
| Schlafzimmer | 18 m^3/h | 10 m^3/h |
| Kinderzimmer | 18 m^3/h | 10 m^3/h |
| Küche | 12 m^3/h | 8 m^3/h |
| Bad | 12 m^3/h | 8 m^3/h |

Tabelle 25: Erforderliche Volumenströme nach DIN 1946-6, *Tabelle 11* in Abhängigkeit vom Wärmeschutz des Gebäudes bei steter Lüftung

Die Norm geht von einer doppelten Nutzung der Außenluft aus. Außenluft gelangt über die dem Wind zugewandte Seite in die Wohnung und verlässt diese auf der windabgewandten Seite. Beim Durchströmen der verschiedenen Räume werden Feuchtigkeit und Schadstoffe aufgenommen.

Aus der Maximalbetrachtung ergibt sich folgender notwendiger Gesamt-Luftvolumenstrom für den Feuchteschutz.

$$q_{v,ges,FL} = \max \left\{ q_{v,ges,NE,FL}; 0,5 \cdot \sum_R q_{v,ges,R,FL} \right\}$$

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ gering}} = \max \{ 31 m^3/h; 0,5 \cdot 78 m^3/h \}$$

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ gering}} = 39 m^3/h$$

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ hoch}} = \max \{ 23 m^3/h; 0,5 \cdot 46 m^3/h \}$$

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ hoch}} = 23 m^3/h$$

In beiden Fällen sind die raumweisen Anforderungen an die Lüftung zum Feuchteschutz höher bzw. genauso hoch wie die auf die Gesamtfläche der Wohnung bezogenen. Da in dieser Beispielrechnung ein Außenluftvolumenstrom über Infiltration nicht berücksichtigt wird, müssen in den Räumen Außenbauteil-Luftdurchlässe vorgesehen werden, welche die Volumenstromanforderungen nach *Tabelle 25* gewährleisten.

6.3.4.2 Steter Außenluftvolumenstrom nach *Abschnitt 6.2*

Wird mit den Feuchtelasten nach *Abschnitt 6.2* gerechnet, ergibt sich folgender Feuchteintrag pro Tag:

- Schlafzimmer Nutzungszeit 8 h/d mit 2 Personen à 50 g/h Feuchtelast = 800 g/d
- Bad Nutzungszeit 20 min/d Duschen à 2.600 g/h Feuchtelast = 866 g/d

Aus diesen Feuchtelasten ergeben sich bei einer steten Lüftung folgende erforderlichen Volumenströme.

| | Feuchteintrag (m) | | $V = m / (w_{i,max} - w_{e,vorh.})$ in m^3/h | erforderlicher Volumenstrom | | | |
|--|-------------------|-----|---|-----------------------------|---------|-----------|---------|
| Fall 1: Altbau mit $\theta_e = -5^\circ C$ | 800 | g/d | $V=800/[(17,3*0,34)-(3,2*0,8)]$ | 246 | m^3/d | 10 | m^3/h |
| Fall 1: Altbau mit $\theta_e = 10^\circ C$ | 800 | g/d | $V=800/[(17,3*0,53)-(9,4*0,8)]$ | 470 | m^3/d | 20 | m^3/h |
| Fall 2: Altbau energetisch modernisiert, $\theta_e = -5^\circ C$ | 800 | g/d | $V=800/[(17,3*0,54)-(3,2*0,8)]$ | 119 | m^3/d | 5 | m^3/h |
| Fall 2: Altbau energetisch modernisiert, $\theta_e = 10^\circ C$ | 800 | g/d | $V=800/[(17,3*0,63)-(9,4*0,8)]$ | 242 | m^3/d | 10 | m^3/h |

Tabelle 26: Erforderliche Volumenströme für das Schlafzimmer in Abhängigkeit von der Jahreszeit (Winter und Übergangszeit) und dem Dämmstandard bei steter Lüftung

| | Feuchteintrag (m) | | $V = m / (w_{i,max} - w_{e,vorh.})$ in m^3/h | erforderlicher Volumenstrom | | | |
|--|-------------------|-----|---|-----------------------------|---------|-----------|---------|
| Fall 1: Altbau mit $\theta_e = -5^\circ C$ | 866 | g/h | $V=866/[(17,3*0,40)-(3,2*0,8)]$ | 198 | m^3/d | 8 | m^3/h |
| Fall 1: Altbau mit $\theta_e = 10^\circ C$ | 866 | g/h | $V=866/[(17,3*0,61)-(9,4*0,8)]$ | 285 | m^3/d | 12 | m^3/h |
| Fall 2: Altbau energetisch modernisiert, $\theta_e = -5^\circ C$ | 866 | g/h | $V=866/[(17,3*0,56)-(3,2*0,8)]$ | 120 | m^3/d | 5 | m^3/h |
| Fall 2: Altbau energetisch modernisiert, $\theta_e = 10^\circ C$ | 866 | g/h | $V=866/[(17,3*0,70)-(9,4*0,8)]$ | 191 | m^3/d | 8 | m^3/h |

Tabelle 27: Erforderliche Volumenströme für das Bad in Abhängigkeit von der Jahreszeit (Winter und Übergangszeit) und dem Dämmstandard bei steter Lüftung

Aus den Randbedingungen des *Abschnitts 6.2* ergibt sich lediglich für das energetisch nicht modernisierte Schlafzimmer bei einer Außentemperatur von $10^\circ C$ ein höherer Außenluftbedarf von $20 m^3/h$ statt $18 m^3/h$ nach der Berechnung der DIN 1946-6, d.h. es besteht eine hohe Übereinstimmung zu den in Kapitel 6.2 ermittelten Volumenströmen. Im Schlafzimmer wird deshalb im Weiteren mit den höheren Volumenstromanforderungen gerechnet.

6.3.5 Ermittlung des mittleren wirksamen Differenzdrucks

Für die Lage des Gebäudes wird eine windschwache Region angenommen. Die betrachtete Nutzungseinheit befindet sich im Erdgeschoss.

Nach DIN 1946-6 ergibt sich für diese Randbedingungen ein mittlerer Differenzdruck in Höhe von $\Delta p = 2 Pa$. Dabei werden sowohl der Einfluss der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen als auch die aufgrund von Windlasten auftretenden Differenzdrücke berücksichtigt.

6.3.6 Ergebnisse der Auslegung

| Raum | Wärmeschutz gering/ Altbau energetisch nicht modernisiert | Wärmeschutz hoch/ Altbau energetisch modernisiert | Auslegungs-Differenzdruck |
|--------------|---|---|---------------------------|
| Wohnzimmer | 18 m ³ /h | 10 m ³ /h | 2 Pa |
| Schlafzimmer | 20 m ³ /h | 10 m ³ /h | |
| Kinderzimmer | 18 m ³ /h | 10 m ³ /h | |
| Küche | 12 m ³ /h | 8 m ³ /h | |
| Bad | 12 m ³ /h | 8 m ³ /h | |

Tabelle 28: Erforderliche raumweise Außenluft-Volumenströme nach DIN 1946-6 sowie den Randbedingungen nach Abschnitt 6.2 bei steter Lüftung

Jeder Raum ist mit einem Überströmluftdurchlass wie z.B. einem Türunterschnitt ausgestattet, der nach dem erforderlichen Außenluft- bzw. maximalen Abluftvolumenstrom ausgelegt ist. Der Druckabfall über den Überströmluftdurchlass wird mit 0,5 Pa angenommen.

6.3.7 Gesundheitlich notwendige Lüftung

Anders als die Lüftung zum Feuchteschutz, die sich anhand der in die Wohnung eingetragenen angenommenen Feuchtelasten errechnet, dient die gesundheitlich notwendige Lüftung auch der Sicherstellung eines gesunden Raumluftklimas, wie es in Abschnitt 2.2 erläutert wird.

Der notwendige Luftaustausch wird also nicht nur anhand der durch die Nutzung der Wohnung erzeugten Feuchtelasten hergeleitet, sondern berücksichtigt z.B. auch den CO₂-Ausstoß der Bewohner durch die Atmung. In der DIN 1946-6 wird diese Betriebsstufe als Nennlüftung bezeichnet.

Zur Herleitung der gesundheitlichen Lüftung nutzt die DIN 1946-6 für die freie Lüftung einen empirisch hergeleiteten Ansatz bezogen auf die Wohnfläche:

$$q_{v,ges,NE,NL} = -0,002 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 11$$

Dabei ist:

$q_{v,ges,NE,NL}$ der Luftvolumenstrom für die Nennlüftung, in m³/h;

A_{NE} die Fläche der Nutzungseinheit, in m²;

Für das Beispiel ergibt sich daraus:

$$q_{v,ges,NE,NL} = -0,002 \cdot 64,68^2 + 1,15 \cdot 64,68 + 11$$

$$q_{v,ges,NE,NL} = 77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Eine Auslegung der gesundheitlich notwendigen Lüftung nach der Personenanzahl erfolgt in der DIN 1946-6 nur im Hintergrund. In Tabelle 7 heißt es dazu:

„Nennlüftung: Eine aus Lüftungssicht planmäßig zulässige Personenzahl in einer Nutzungseinheit kann bestimmt werden, indem der für Nennlüftung angegebene Gesamt-Außenluftvolumenstrom durch ungefähr 30 m³/h je Person geteilt wird. (...) In Ausnahmefällen kann bei intensiv genutzten Nutzungseinheiten die aus Lüftungssicht planmäßig zulässige Personenzahl bestimmt werden, indem der für Nennlüftung angegebene Gesamt-Außenluftvolumenstrom durch 20 m³/h je Person geteilt wird“

Für das Beispiel ergibt sich daraus ein personenbezogener Außenluftvolumenstrom bei einer Belegung mit 3 Personen von 77 m³/h / 3 Personen = 26 m³/h je Person, sowie bei einer Belegung mit 2 Personen von 77 m³/h / 2 Personen von 39 m³/h je Person.

Die Herleitung des gesundheitlich notwendigen Außenluftvolumenstroms kann auch nach der Europäischen Norm DIN EN 16798-1 [58] erfolgen, *Tabelle 29*.

| Kategorie | Gesamt-Lüftung einschließlich Luftinfiltration | Zuluftvolumenstrom je Person | Zuluftvolumenstrom beruhend auf wahrgenommenen IAQ für angepasste Personen | | |
|-----------|--|------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| | $\text{m}^3/\text{h je m}^2$ | h^{-1} | $\text{m}^3/\text{h je Person}$ | q_p $\text{m}^3/\text{h je Person}$ | q_B $\text{m}^3/\text{h je m}^2$ |
| I | 1,76 | 0,7 | 36 | 12,6 | 0,9 |
| II | 1,51 | 0,6 | 25,2 | 9 | 0,54 |
| III | 1,26 | 0,5 | 14,4 | 5,4 | 0,36 |
| IV | 0,83 | 0,4 | | | |

Tabelle 29: Standardkriterien auf der Grundlage vorgegebener Zuluftvolumenströme nach [58]

Die Kategorie gibt an, mit welcher Unzufriedenheit beim Nutzer gerechnet werden kann. Dazu legt die Norm Standardkategorien fest:

| Kategorie | Thermischer Zustand des Körpers insgesamt | |
|-----------|---|------------------------------------|
| | Vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener PPD % | Vorausgesagtes mittleres Votum PMV |
| I | < 6 | -0,2 < PMV < +0,2 |
| II | < 10 | -0,5 < PMV < +0,5 |
| III | < 13 | -0,7 < PMV < +0,7 |
| IV | < 25 | -1,0 < PMV < +1,0 |

Tabelle 30: Standardkategorien für die Auslegung maschinell geheizter und gekühlter Gebäude nach [58]

| Kategorie | Auslegungswert der ΔCO_2 -Konzentration in Wohnzimmern (ppm oberhalb des Wertes in Außenluft) | Auslegungswert der ΔCO_2 -Konzentration in Schlafzimmern (ppm oberhalb des Wertes in Außenluft) |
|-----------|--|--|
| I | 550 | 380 |
| II | 800 | 550 |
| III | 1.350 | 950 |
| IV | 1.350 | 950 |

Tabelle 31: Standard-Auslegungswert der CO_2 -Konzentrationen in belegten Wohn- und Schlafzimmern nach [58]

Ein PPD der Kategorie II sagt aus, dass von 100 Personen, die zur spezifischen Luftqualität in einer Wohnung befragt werden, weniger als 10 Personen damit unzufrieden sind. Bei dieser Beurteilung muss bedacht werden, dass es speziell im Wohnungsbau immer einen gewissen Prozentsatz an Unzufriedenen gibt.

Legt man die Kategorien I und II zugrunde, ergibt sich daraus folgender Gesamtvolumenstrom für die Beispielwohnung.

Gesamtvolumenstrom = Belegungsanzahl \times Zuluftvolumenstrom je Person nach *Tabelle 29*.

- Belegung mit 3 Personen, Kategorie I: $108 \text{ m}^3/\text{h}$
- Belegung mit 3 Personen, Kategorie II: $76 \text{ m}^3/\text{h}$
- Belegung mit 2 Personen, Kategorie I: $72 \text{ m}^3/\text{h}$
- Belegung mit 2 Personen, Kategorie II: $50 \text{ m}^3/\text{h}$

DIN EN 16798-1 ermöglicht eine weitere Reduzierung des Zuluftvolumenstroms, wenn eine sogenannte Anpassung der Personen an die Raumluft erfolgt ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass eine Person, die einen Raum betritt, die Luftqualität anders beurteilt als eine Person, die diesen Raum schon länger nutzt und sich so schon die Raumluftqualität angepasst hat. Diesem Ansatz wird jedoch in Deutschland nicht gefolgt.

Hinweis: Sowohl DIN 1946-6 als auch DIN EN 16798-1 gehen davon aus, dass der Lüftungsbedarf in den Wohnräumen entweder durch direkt in die Räume eingebrachte Außen- bzw. Zuluft oder durch unverbrauchte Luft aus anderen Räumen gedeckt wird. Es muss also der Wohnung der notwendige Außenluftvolumenstrom zugeführt werden, aber nicht zwingend der vollständige Außen- bzw. Zuluftbedarf direkt jedem einzelnen Raum. Über den Raumluftverbund z.B. über geöffnete Türen erfolgt eine Verteilung der Außen- bzw. Zuluft in die einzelnen Räume der Wohnung.

Für die Lüftung zum Feuchteschutz werden Außenbauteil-Luftdurchlässe vorgesehen, die einen Außenluftvolumenstrom in Höhe von 40 m³/h bei Gebäuden mit einem geringen Wärmeschutz (Altbau energetisch nicht modernisiert) und von 23 m³/h bei Gebäuden mit einem hohen Wärmeschutz (Altbau energetisch modernisiert) gewährleisten. Um die gesundheitliche Lüftung zu erreichen, ergibt sich daraus ein zusätzlicher Lüftungsbedarf von

- 40 m³/h bei Gebäuden mit einem geringen Wärmeschutz (Altbau energetisch nicht modernisiert) und
- 57 m³/h bei Gebäuden mit einem hohen Wärmeschutz (Altbau energetisch modernisiert),

der bei Anwesenheit aller Nutzer über manuell geöffnete Fenster erbracht werden muss. In *Abschnitt 6.2* ist der Außenluftvolumenstrom über geöffnete Fenster hergeleitet worden. Daraus ergibt sich für die Wohnräume:

| Raum | Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$ | | Übergangszeit mit $\theta_e = 10^\circ\text{C}$ | |
|--------------|--|---|--|---|
| | Gesamtvolumenstrom bei vollständig geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei auf Kipp geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei vollständig geöffneten Fenstern | Gesamtvolumenstrom bei auf Kipp geöffneten Fenstern |
| Schlafzimmer | 2.399 m ³ /h | 164 m ³ /h | 1.693 m ³ /h | 116 m ³ /h |
| Kinderzimmer | 1.760 m ³ /h | 131 m ³ /h | 1.241 m ³ /h | 93 m ³ /h |
| Wohnzimmer | 5.791 m ³ /h | 325 m ³ /h | 5.302 m ³ /h | 297 m ³ /h |
| Küche | 1.307 m ³ /h | 98 m ³ /h | 922 m ³ /h | 69 m ³ /h |
| Badezimmer | 644 m ³ /h | 48 m ³ /h | 454 m ³ /h | 34 m ³ /h |

Tabelle 32: vorhandene Volumenströme für unterschiedliche Temperaturen der Außenluft und Fensterstellungen

In der DIN / TS 4108-8 [15] wird bei einer 3-Raumwohnung von einer Belegungsdauer von 51 h/d ausgegangen. In *Abbildung 63* sind die für dieses Beispiel angenommenen Anwesenheitszeiten für diese Belegungsdauer im Tageslauf dargestellt.

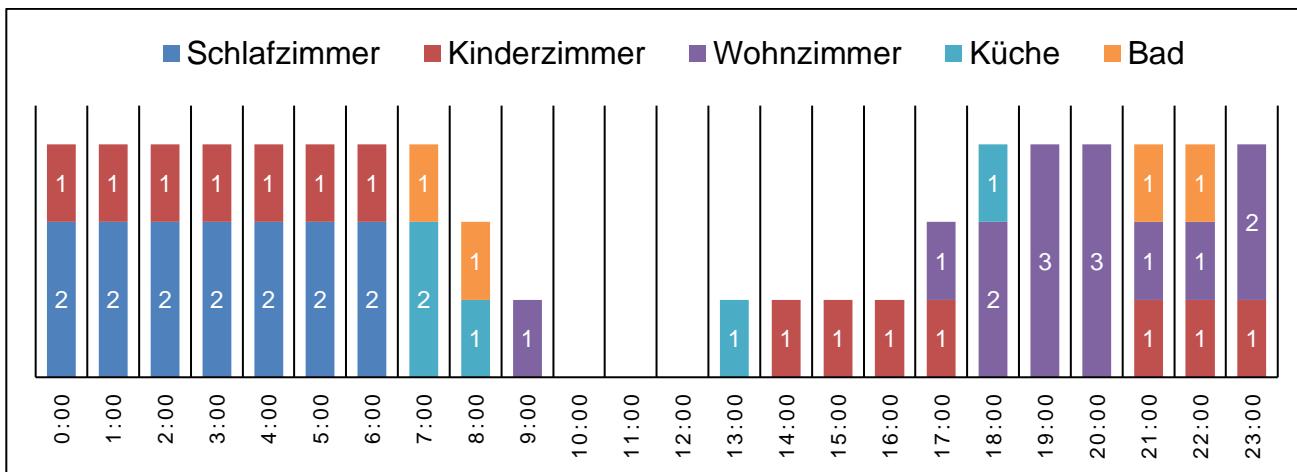


Abbildung 63: Angenommene Personenbelegung der einzelnen Räume der Beispielwohnung

Um die gesundheitlich notwendige Lüftung zu gewährleisten, ist je nach Nutzung ein geringerer oder höherer Außenluftvolumenstrom durch zusätzliches manuelles Öffnen der Fenster in die Wohnung zu bringen. Der Außenluftvolumenstrom je Person wird mit 30 m³/h angenommen, der maximale Außenluftvolumenstrom für die gesundheitliche Lüftung bei Anwesenheit aller Nutzer soll die Nennlüftung nach DIN 1946-6 sein.

| Personen-belegung | Wärmeschutz gering/ Altbau energetisch nicht modernisiert | | Wärmeschutz hoch/ Altbau energetisch modernisiert | |
|-------------------|--|--|--|--|
| | Lüftung zum Feuchteschutz | zusätzlicher Außenluft-Volumenstrom über geöffnete Fenster | Lüftung zum Feuchteschutz | zusätzlicher Außenluft-Volumenstrom über geöffnete Fenster |
| 3 | 40 m ³ /h | 37 m ³ /h | 23 m ³ /h | 54 m ³ /h |
| 2 | 40 m ³ /h | 20 m ³ /h | 23 m ³ /h | 37 m ³ /h |
| 1 | 40 m ³ /h | - | 23 m ³ /h | 7 m ³ /h |

Tabelle 33: Gegenüberstellung des nutzerunabhängigen und nutzerabhängigen Außenluftvolumenstroms für die gesundheitlich notwendige Lüftung in der gesamten Wohnung

Wird beispielsweise die Nutzung von Wohnzimmer und Schlafzimmer betrachtet, ergeben sich daraus für die Nutzungszeiten zusätzliche Lüftungsanforderungen nach *Tabelle 34*, *Tabelle 35*, *Tabelle 36* und *Tabelle 37*.

| Zeitraum | Personen-belegung | zusätzlicher Außenluft-Volumenstrom | Gesamt-Außenluftbedarf über geöffnete Fenster | Öffnungsduer vom Fenster im Wohnzimmer | |
|---------------------|-------------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------|
| | | | | Kippstellung | Fenster komplett geöffnet |
| 0.00 bis 9.00 Uhr | 0 | - | - | - | - |
| 9.00 bis 10.00 Uhr | 1 | - | - | - | - |
| 10.00 bis 17.00 Uhr | 0 | - | - | - | - |
| 17.00 bis 18.00 Uhr | 1 | - | - | - | - |
| 18.00 bis 19.00 Uhr | 2 | 20 m ³ /h | 20 m ³ in 1 h | 4 min | 12 sek |
| 19.00 bis 21.00 Uhr | 3 | 37 m ³ /h | 74 m ³ in 2 h | 14 min | 46 sek |
| 21.00 bis 23.00 Uhr | 1 | - | - | - | - |
| 23.00 bis 0.00 Uhr | 2 | 34 m ³ /h | 20 m ³ in 1 h | 4 min | 12 sek |

Tabelle 34: Wohnzimmer - Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung bei Wärmeschutz gering / Altbau energetisch nicht modernisiert, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$

| Zeitraum | Personen-belegung | zusätzlicher Außenluft-Volumenstrom | Gesamt-Außenluftbedarf über geöffnete Fenster | Öffnungsduer vom Fenster im Wohnzimmer | |
|---------------------|-------------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------|
| | | | | Kipp-stellung | Fenster komplett geöffnet |
| 0.00 bis 9.00 Uhr | 0 | - | - | - | - |
| 9.00 bis 10.00 Uhr | 1 | 7 m ³ /h | 7 m ³ in 1 h- | 1,5 min | 4 sek |
| 10.00 bis 17.00 Uhr | 0 | - | - | - | - |
| 17.00 bis 18.00 Uhr | 1 | 7 m ³ /h | 7 m ³ in 1 h- | 1,5 min | 4 sek |
| 18.00 bis 19.00 Uhr | 2 | 37 m ³ /h | 37 m ³ in 1 h | 7 min | 23 sek |
| 19.00 bis 21.00 Uhr | 3 | 54 m ³ /h | 108 m ³ in 2 h | 20 min | 1,1 min |
| 21.00 bis 23.00 Uhr | 1 | 7 m ³ /h | 14 m ³ in 2 h- | 3 min | 9 sek |
| 23.00 bis 0.00 Uhr | 2 | 37 m ³ /h | 374 m ³ in 1 h | 7 min | 23 sek |

Tabelle 35: Wohnzimmer - Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung bei Wärmeschutz hoch / Altbau energetisch modernisiert, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$

| Zeitraum | Personen-belegung | zusätzlicher Außenluft-Volumenstrom | Gesamt-Außenluftbedarf über geöffnete Fenster | Öffnungsduer vom Fenster im Schlafzimmer | |
|--------------------|-------------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------|
| | | | | Kipp-stellung | Fenster komplett geöffnet |
| 00.00 bis 7.00 Uhr | 2 | 20 m ³ /h | 140 m ³ in 7 h | 51 min | 3,5 min |
| 7.00 bis 0.00 Uhr | 0 | - | - | - | - |

Tabelle 36: Schlafzimmer - Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung bei Wärmeschutz gering / Altbau energetisch nicht modernisiert, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$

| Zeitraum | Personen-belegung | zusätzlicher Außenluft-Volumenstrom | Gesamt-Außenluftbedarf über geöffnete Fenster | Öffnungsduer vom Fenster im Schlafzimmer | |
|--------------------|-------------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------|
| | | | | Kipp-stellung | Fenster komplett geöffnet |
| 00.00 bis 7.00 Uhr | 2 | 37 m ³ /h | 259 m ³ in 7 h | 95 min | 6,5 min |
| 7.00 bis 0.00 Uhr | 0 | - | - | - | - |

Tabelle 37: Schlafzimmer - Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung bei Wärmeschutz hoch / Altbau energetisch modernisiert, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$

Die Lüftung einzelner Räume für sich ist jedoch nicht so effektiv, wie eine Querlüftung, bei der durch gleichzeitig geöffnete Fenster unterschiedlicher Räume ein deutlich höherer und damit schnellerer Luftaustausch erreicht wird. In *Tabelle 38*, *Tabelle 39* und *Tabelle 40* ist die notwendige gleichzeitige Öffnungsduer der Fenster in Kinder- und Schlafzimmer aufgezeigt, um die gesundheitliche Lüftung in der gesamten Wohnung zu ermöglichen. Dazu muss jedoch ein Luftaustausch in der gesamten Wohnung durch geöffnete Innentüren möglich sein.

| | Gesamtvolumenstrom | |
|------------------|-----------------------|---------------------------|
| | Kippstellung | Fenster komplett geöffnet |
| Winter (-5 °C) | 490 m ³ /h | 6.563 m ³ /h |
| Übergang (10 °C) | 491 m ³ /h | 6.558 m ³ /h |

Tabelle 38: Außenluftvolumenstrom über gleichzeitig geöffnete Fenster in Kinder- und Schlafzimmer

| Zeitraum | Personen-belegung | zusätzlicher Außenluft-Volumenstrom | Gesamt-Außenluftbedarf über geöffnete Fenster | Öffnungsduer von 2 Fenster (Querlüftung) | |
|---------------------|-------------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------|
| | | | | Kippstellung | Fenster komplett geöffnet |
| 18.00 bis 8.00 Uhr | 3 | 37 m ³ /h | 481 m ³ in 14 h | 59 min | 4,4 min |
| 8.00 bis 9.00 Uhr | 2 | 20 m ³ /h | 20 m ³ in 1 h | 2,4 min | 12 sek |
| 9.00 bis 10.00 Uhr | 1 | - | - | - | - |
| 10.00 bis 13.00 Uhr | 0 | - | - | - | - |
| 13.00 bis 17.00 Uhr | 1 | - | - | - | - |
| 17.00 bis 18.00 Uhr | 2 | 20 m ³ /h | 20 m ³ in 1 h | 2,4 min | 12 sek |

Tabelle 39: Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung bei Wärmeschutz gering / Altbau energetisch nicht modernisiert, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$, gleichzeitig geöffnete Fenster in Kinder- und Schlafzimmer

| Zeitraum | Personen-belegung | zusätzlicher Außenluft-Volumenstrom | Gesamt-Außenluftbedarf über geöffnete Fenster | Öffnungsduer von 2 Fenster (Querlüftung) | |
|---------------------|-------------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------|
| | | | | Kippstellung | Fenster komplett geöffnet |
| 18.00 bis 8.00 Uhr | 3 | 54 m ³ /h | 756 m ³ in 14 h | 93 min | 7 min |
| 8.00 bis 9.00 Uhr | 2 | 47 m ³ /h | 37 m ³ in 1 h | 4,5 min | 209 sek |
| 9.00 bis 10.00 Uhr | 1 | 7 m ³ /h | 7 m ³ in 1 h | 51 sek | 4 sek |
| 10.00 bis 13.00 Uhr | 0 | - | - | - | - |
| 13.00 bis 17.00 Uhr | 1 | 7 m ³ /h | 28 m ³ in 4 h | 3,42 min | 15 sek |
| 17.00 bis 18.00 Uhr | 2 | 37 m ³ /h | 37 m ³ in 1 h | 4,5 min | 20 sek |

Tabelle 40: Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung bei Wärmeschutz hoch / Altbau energetisch modernisiert, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$, gleichzeitig geöffnete Fenster in Kinder- und Schlafzimmer

Da sich luftgebundene Schadstoffe wie CO₂ nicht wie Feuchte in Bauteiloberflächen einlagern, kann eine Lüftung auch in Intervallen erfolgen. Die notwendige Öffnungsduer kann auf mehrmaliges Öffnen der Fenster verteilt werden.

Die gesundheitlich notwendige Lüftung wird in diesem Beispiel erreicht, indem zusätzlich zur freien Querlüftung über die Außenbauteil-Luftdurchlässe die Fenster bei Anwesenheit der Nutzer manuell geöffnet werden. Dazu sind die Fenster in Abhängigkeit der Anzahl der Lüftungsintervalle zu öffnen, *Tabelle 41* und *Tabelle 42*.

| Anzahl des Lüftens pro Tag | Öffnungsduer von 2 Fenstern (Querlüftung) in Kippstellung | Öffnungsduer von 2 Fenstern (Querlüftung) Fenster komplett geöffnet |
|----------------------------|---|---|
| 4 x | je 16 Minuten | je 1,2 Minuten |
| 3 x | je 21 Minuten | je 1,6 Minuten |
| 2 x | je 32 Minuten | je 2,4 Minuten |

Tabelle 41: Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung bei Wärmeschutz gering / Altbau energetisch nicht modernisiert, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$, gleichzeitig geöffnete Fenster in Kinder- und Schlafzimmer

| Anzahl des Lüftens pro Tag | Öffnungsduer von 2 Fenstern (Querlüftung) in Kippstellung | Öffnungsduer von 2 Fenstern (Querlüftung) Fenster komplett geöffnet |
|----------------------------|---|---|
| 4 x | je 27 Minuten | je 2 Minuten |
| 3 x | je 36 Minuten | je 2,7 Minuten |
| 2 x | je 53 Minuten | je 4 Minuten |

Tabelle 42: Notwendige Öffnungsduer zur Gewährleistung der gesundheitlichen Lüftung bei Wärmeschutz hoch / Altbau energetisch modernisiert, Winter mit $\theta_e = -5^\circ\text{C}$, gleichzeitig geöffnete Fenster in Kinder- und Schlafzimmer

Die für die Lüftung der Wohnung nötige Gesamtluftmenge errechnet sich aus der Lüftung zum Feuchteschutz, die 24 h pro Tag die Wohnung lüftet, plus dem zusätzlichen Luftaustausch zur gesundheitlich notwendigen Lüftung über die geöffneten Fenster.

Für den energetisch modernisierten Altbau ergibt sich daraus:

Lüftung zum Feuchteschutz:

$$q_{v,FL} = 23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dauer 24 h

$$\text{Luftmenge} = 552 \text{ m}^3$$

Zusätzliche Lüftung über die Fenster zur gesundheitlich notwendigen Lüftung nach *Tabelle 40*:

$$\text{Luftmenge} = 865 \text{ m}^3$$

$$\text{Gesamtluftmenge} = 552 \text{ m}^3 + 865 \text{ m}^3$$

$$\text{Gesamtluftmenge} = 1.417 \text{ m}^3$$

Diese Gesamtluftmenge wird bei der beispielhaften Belegung zur Lüftung der Wohnung täglich also über 24 h ausgetauscht.

$$\text{mittlerer stündlicher Gesamtluftvolumenstrom} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bezogen auf das Innenvolumen der Wohnung ergibt sich daraus folgender mittlerer Luftwechsel, der energetisch wirksam wird:

$$n_L = \frac{q_{v,ges}}{V_{ges}}$$

$$n_L = \frac{60 \text{ m}^3/\text{h}}{161,7 \text{ m}^3}$$

$$n_L = 0,37 \text{ 1/h}$$

6.3.8 Erläuterung des Lüftungskonzeptes freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD)

6.3.8.1 Folgen freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD)

Über die vorgesehenen Außenbauteil-Luftdurchlässe wird in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen und der anliegenden Windkräfte ein nutzerunabhängiger Luftaustausch erreicht. Über diesen Luftaustausch wird die bei einer üblichen Nutzung der Wohnung anfallende Feuchtelast durch eine dreiköpfige Familie nutzerunabhängig abgeführt.

Weitere bei der Nutzung anfallende Lasten wie Gerüche oder CO₂ aber auch die ggf. anfallende an die Raumluft abgegebene Feuchtigkeit aus Wäschetrocknung müssen je nach Nutzung und Belegung durch eine zusätzliche Lüftung über geöffnete Fenster abgeführt werden.

Sommerliche Wärmelasten müssen nachts über eine zusätzliche Lüftung durch geöffnete Fenster abgeführt werden.

6.3.8.2 Risiken freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD)

Erfolgt in Verbindung mit Wäschetrocknung an der Raumluft keine zusätzliche Lüftung über geöffnete Fenster, wird diese Feuchtigkeit nicht abgeführt und kann sich in Bauteiloberflächen einlagern.

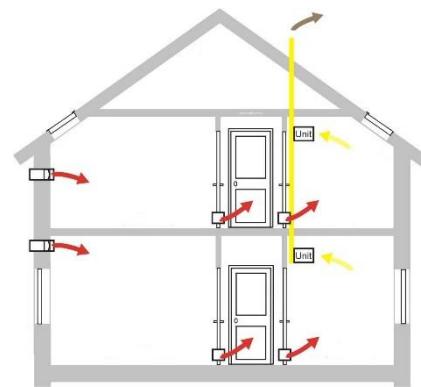
Feuchtelasten, die über das berücksichtigte Maß hinausgehen, z.B. aus einer nicht planmäßigen Nutzung und Belegung werden über die freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) nicht abgeführt und können sich in Bauteiloberflächen einlagern.

Außenbauteil-Luftdurchlässe stellen eine schalltechnische Schwächung der Außenhülle dar, die bei der Berechnung des Schalldämmmaßes berücksichtigt werden muss.

6.3.9 Eigenschaften

- + Über die geöffneten Fenster kann, an den Bedarf angepasst, in kurzer Zeit ein großer Luftaustausch erreicht werden.
- + Der Luftaustausch kann über Querlüftung noch erhöht werden, wenn mehrere Räume gleichzeitig über geöffnete Fenster gelüftet werden.
- + Über das Querlüftungssystem wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch in der Wohnung bzw. dem Gebäude erreicht.
- + Das Querlüftungssystem deckt in diesem Beispiel den aus Gründen des Bautenschutzes notwendigen Luftwechsel ab.
- + Wird die Lüftung an den Bedarf angepasst, kann dies in diesem Beispiel aus energetischer Sicht zu geringeren Lüftungswärmeverlusten im Vergleich zu den Standards im öffentlich-rechtlichen Nachweis führen.
- Um eine gesundheitliche Lüftung zu erreichen ist i.d.R. zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig.
- Über die Innentüren der Wohnung ist ein Raumluftverbund über Überström-Luftdurchlässe zu gewährleisten. Darüber kann auch eine Schallübertragung stattfinden.
- Im Sommer ist zur erhöhten Nachtlüftung zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig, um die Wärme aus dem Baukörper abzuführen.
- Über ALD gelangt Außenlärm in den Wohnraum.
- Die erreichten Volumenströme sind abhängig von den Außen- und Innenbedingungen wie Temperatur und Windverhältnissen.
- Eine Querlüftung ermöglicht keine Filterung der Außenluft.
- Die in der Abluft enthaltene Wärme wird ungenutzt nach außen geführt.
- Eine thermische Konditionierung der Außenluft kann nicht erfolgen.
- Eine Querlüftung wird im öffentlich-rechtlichen Nachweis nicht bonifiziert.
- Ein Querlüftungssystem erzeugt gegenüber der Fensterlüftung Mehrkosten.

6.4 Beispiel: Fensterlüftung + Unterstützung durch ein Entlüftungssystem im fensterlosen Bad



Quelle: Berhorst / Reiners

6.4.1 Grundsätzliche Funktion

Das Fenster dient bei diesem Lüftungssystem der hygienischen Lüftung (siehe *Abschnitt 6.2*). Das Entlüftungssystem im fensterlosen Bad dient je nach Auslegung der Gewährleistung eines gewissen Luftaustauschs, ohne dass dazu die Fenster geöffnet werden müssen.

Fensterlose Bäder und Toiletten müssen lüftbar ausgebildet werden. Dafür wird i.d.R. ein Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 vorgesehen. Die Norm sieht unterschiedliche Abluftvolumenströme für abschaltbare, stetig laufende und selbsttätig geregelte Systeme vor. Damit diese Systeme ordnungsgemäß funktionieren, muss für eine wirksame Nachströmung von Außenluft gesorgt werden, dafür werden Außenbauteil-Luftdurchlässe vorgesehen.

In Bestandsgebäuden können noch sogenannte Schachtlüftungssysteme vorhanden sein. Sie weisen einen Lüftungsschacht in Bädern, Toiletten und ggf. Küchen auf, der durch das gesamte Gebäude führt. Diese frühen Lüftungssysteme dienen der Lüftung der angeschlossenen Räume, über die Höhe des Schachtes wird ein Auftrieb erzeugt, der Abluft aus den angeschlossenen Räumen nach außen fördert. Für diese Systeme besteht, wenn keine Änderungen daran vorgenommen werden, i.d.R. Bestandsschutz.

Damit diese Systeme jedoch in energetisch modernisierten Gebäuden funktionieren, muss für eine wirksame Nachströmung von Außenluft gesorgt werden, dafür werden Außenbauteil-Luftdurchlässe vorgesehen. Diese Systeme können ebenfalls zur Gewährleistung eines gewissen Luftaustauschs in der Wohnung dienen, ohne dass dazu die Fenster geöffnet werden müssen. Der wirksame Außenluftvolumenstrom hängt analog zu den Lüftungssystemen aus *Abschnitt 6.2* und *Abschnitt 6.3* bei Schachtlüftungssystemen ab von:

- Anzahl der Abluftelemente des Schachtlüftungssystems
- Anzahl und Typ der ALD
- Höhe des Schachtes
- Innentemperatur
- Außentemperatur
- Windkraft

6.4.2 Randbedingungen

Die in Abbildung 64 dargestellte Wohnung soll mit dem Lüftungskonzept Fensterlüftung + Freie Querlüftung/Entlüftungssystem belüftet werden. Über das Entlüftungssystem soll der Bautenschutz nutzerunabhängig sichergestellt werden. Das aus Gründen der Hygiene notige Lüften soll über die manuell zu öffnenden Fenster erfolgen.

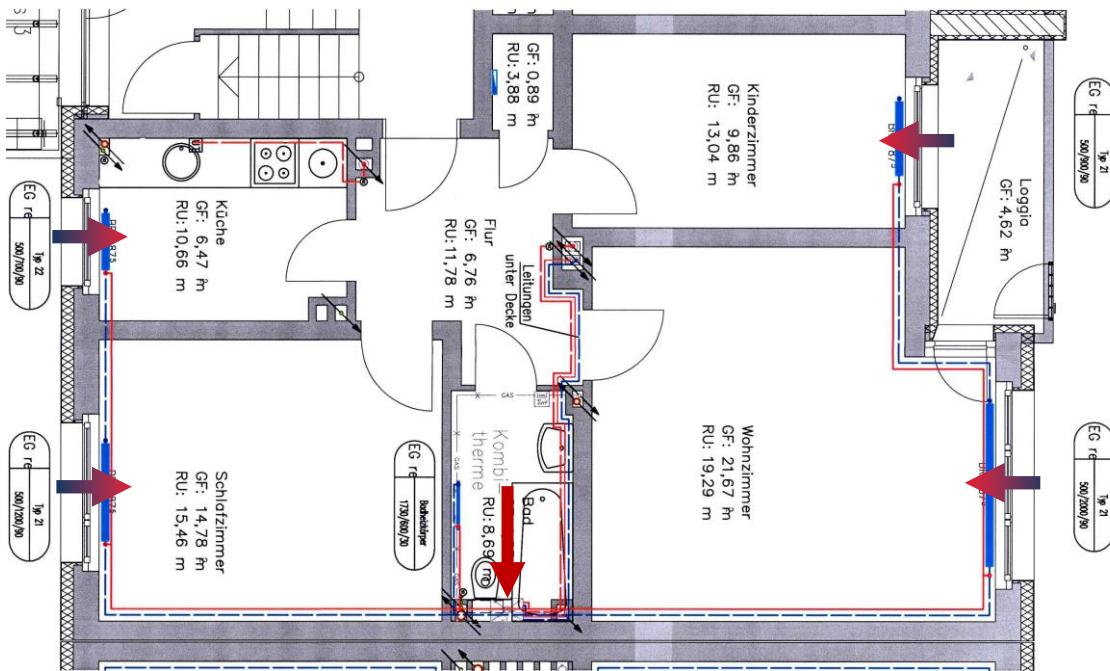


Abbildung 64: Grundrissausschnitt EG mit fensterlosem Bad eines Mehrfamilienhauses mit Entlüftungssystem und ALD, modifizierte Abbildung Firma Grundlach-Wohnungsunternehmen.

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Wohnzimmer | 21,67 m ² |
| Schlafzimmer | 14,78 m ² |
| Kinderzimmer | 9,86 m ² |
| Küche | 6,47 m ² |
| Bad, fensterlos | 4,25 m ² |
| Flur und Garderobe | 7,65 m ² |
| Gelüftete Wohnfläche A _L | 64,68 m ² |
| Mittlere Raumhöhe h | 2,5 m |
| Luftvolumen V _{NE} | 161,7 m ³ |

Tabelle 43: Flächen und Luftvolumen der Beispielwohnung

Nachfolgend erfolgt ein Nachweis auf Basis der DIN 1946-6 [38] und DIN 18017-3 [43]. Im Schlafzimmer werden wie in Abschnitt 6.3 die höheren Volumenstromanforderungen vom Abschnitt 6.2 übernommen.

Es sollen für diese Wohnung die notwendigen Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) für ein freies Querlüftungssystem mit Unterstützung durch das Entlüftungssystem im fensterlosen Bad ermittelt werden. Das freie Querlüftungssystem soll in Verbindung mit dem Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 für die in Abschnitt 6.2 ermittelten Feuchtelasten sowie die Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 ausgelegt werden.

Das Entlüftungssystem soll zudem in der Form ausgelegt werden, dass der minimale Abluftvolumenstrom der für den Bautenschutz notwendigen Lüftung entspricht. Eine nach dieser DIN 1946-6 und DIN 18017-3 zulässige Berücksichtigung der Infiltration von Außenluft erfolgt aus in 3.3 erläuterten Gründen nicht.

6.4.3 Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms

6.4.3.1 Volumenstromanforderungen für das fensterlose Bad

Dieses Beispiel unterscheidet sich von *Abschnitt 6.3* durch das fensterlose Bad. Für die Lüftung dieses Raumes gelten die Anforderungen der Bauaufsichtlichen Richtlinie zur Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen [41]. Dort werden Volumenströme für die fensterlosen Räume nach *Tabelle 44* gefordert.

| Fensterloser Raum | Luftvolumenstrom | |
|-------------------|---|---------------------------------|
| | Nutzungsunabhängige Betriebsdauer von mindestens 12 Stunden täglich | Nutzungsabhängige Betriebsdauer |
| Küche | | |
| - Grundlüftung | 40 m ³ /h | 60 m ³ /h |
| - Stoßlüftung | 200 m ³ /h | 200 m ³ /h |
| Kochnische | 40 m ³ /h | 60 m ³ /h |
| Bad, auch mit WC | 40 m ³ /h | 60 m ³ /h |
| Toilettenraum | 20 m ³ /h | 30 m ³ /h |

Tabelle 44: Anforderungen an den Luftvolumenstrom fensterloser Räume nach bauaufsichtlicher Richtlinie [41]

Die notwendige Nachströmung der Zuluft ist wie folgt geregelt:

„Die Zuluft kann außerhalb der fensterlosen Räume an zentraler Stelle der Wohnung oder durch Öffnungen in den Außenwänden der Wohnung unmittelbar zugeführt werden, wenn zu den fensterlosen Räumen eine Verbindung durch Nachstromöffnungen oder –spalte besteht.“

Eine Auslegung der Luftvolumenströme kann auch nach DIN 18017-3 erfolgen, [42]:

„Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3:2009-09 für fensterlose Bäder und Toilettenräume in Wohnungen erfüllen die lüftungstechnischen Anforderungen nach den Abschnitten 2 bis 2.2, wenn die Wohnungen keine fensterlosen Küchen und Kochnischen aufweisen.“

Die aktuelle DIN 18017-3: 2020-05 [43] ist verständlicherweise in der Richtlinie noch nicht in Bezug genommen worden, in Fassung DIN 18017-3:2009-09 werden Volumenströme für die fensterlosen Räume nach *Tabelle 45* gefordert.

| Fensterloser Raum | Mindest-Abluftvolumenströme q_v | | | |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | Variante I | Variante II | Variante III | Variante IV |
| | Zeitgeführt (100/50% - 12 h/d) | Sensorgeführt (24 h/d) | Nutzergeführt (nach Bedarf) | Nutzergeführt (24 h/d) |
| Bad (mit/ohne WC) | 40 / 20 m ³ /h | 60 – 15 m ³ /h | 60 / 0 m ³ /h | 60 / 15 m ³ /h |
| Toilettenräume | 20 / 10 m ³ /h | 30 – 7,5 m ³ /h | 30 / 0 m ³ /h | 30 / 7,5 m ³ /h |

Tabelle 45: Anforderungen an den Luftvolumenstrom fensterloser Bäder und Toilettenräume nach [42].

Für Variante I darf der Abluftvolumenstrom in Zeiten geringen Luftbedarfs, für max. 12 h/d auf die Hälfte reduziert werden.

Für Variante II muss der Abluftvolumenstrom mit einem geeigneten Raumluftsensor nach Bedarf zwischen den angegebenen Abluftvolumenströmen gesteuert werden, eine Abschaltung ist nicht zulässig.

Für Variante III ist der maximale Abluftvolumenstrom bei Nutzung abzuführen. Der Abluftvolumenstrom darf in Zeiten geringen Luftbedarfs auf Null reduziert werden, wenn keine Wäschetrocknung stattfindet, das Gebäude mindestens einen Wärmeschutzstandard ent-

sprechend der WSchVO95 aufweist und wenn nach jedem Ausschalten des Lüftungsgerätes weitere 15 m^3 Luft über die Entlüftungsanlage aus dem zu lüftenden Raum abgeführt werden.

Für Variante VI ist der maximale Abluftvolumenstrom bei entsprechender Nutzung abzuführen. Der Abluftvolumenstrom darf in Zeiten geringen Luftbedarfs reduziert werden, eine Abschaltung ist nicht zulässig.

6.4.3.2 Volumenstromanforderung an die gesamte Wohnung

Da das fensterlose Bad über das Entlüftungssystem ausreichend belüftet wird, fällt diese Fläche aus dem nach DIN 1946-6 zu belüftenden Volumen heraus. Es wird deshalb gegenüber Abschnitt 6.3 mit einer Fläche der Wohnung ohne Bad von $60,43 \text{ m}^2$ gerechnet

Daraus ergibt sich für die Beispielwohnung für den Wärmeschutz gering:

$$q_{v,ges,NE,FL} = f_{WS} \cdot (-0,002 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 11)$$

$$q_{v,ges,NE,FL,WS \text{ gering}} = 0,4 \cdot (-0,002 \cdot 60,43^2 + 1,15 \cdot 60,43 + 11)$$

$$q_{v,ges,NE,FL,WS \text{ gering}} = 29 \text{ m}^3/\text{h}$$

bzw. für den Wärmeschutz hoch:

$$q_{v,ges,NE,FL,WS \text{ hoch}} = 0,3 \cdot (-0,002 \cdot 60,43^2 + 1,15 \cdot 60,43 + 11)$$

$$q_{v,ges,NE,FL,WS \text{ hoch}} = 22 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bezogen auf die einzelnen Räume fordert DIN 1946-6 folgende steten Volumenströme, hier fällt ebenfalls das über das Entlüftungssystem gelüftete Bad heraus:

| Raum | Wärmeschutz gering | Wärmeschutz hoch |
|--------------|----------------------|----------------------|
| Wohnzimmer | 18 m ³ /h | 12 m ³ /h |
| Schlafzimmer | 18 m ³ /h | 12 m ³ /h |
| Kinderzimmer | 18 m ³ /h | 12 m ³ /h |
| Küche | 12 m ³ /h | 8 m ³ /h |

Tabelle 46: Erforderliche Volumenströme nach DIN 1946-6, *Tabelle 11* in Abhängigkeit vom Wärmeschutz des Gebäudes bei steter Lüftung

Die Norm geht von einer doppelten Nutzung der Außenluft aus. Außenluft gelangt über die dem Wind zugewandte Seite in die Wohnung und verlässt diese auf der windabgewandten Seite. Beim Durchströmen der verschiedenen Räume werden Feuchtigkeit und Schadstoffe aufgenommen. Aus der Maximalbetrachtung ergibt sich folgender notwendiger Gesamt-Luftvolumenstrom für den Feuchteschutz.

$$q_{v,ges,FL} = \max \left\{ q_{v,ges,NE,FL}; 0,5 \cdot \sum_R q_{v,ges,R,FL} \right\}$$

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ gering}} = \max \{ 29 \text{ m}^3/\text{h}; 0,5 \cdot 66 \text{ m}^3/\text{h} \}$$

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ gering}} = 33 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ hoch}} = \max \{ 23 \text{ m}^3/\text{h}; 0,5 \cdot 44 \text{ m}^3/\text{h} \}$$

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ hoch}} = 23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Beim energetisch nicht modernisierten Altbau mit geringem Wärmeschutz sind die raumweisen Anforderungen an die Lüftung zum Feuchteschutz höher, als die bezogen auf die Gesamtfläche der Wohnung. Im energetisch modernisierten Altbau mit hohem Wärmeschutz sind die flächenbezogenen Anforderungen höher.

Da in dieser Beispielrechnung ein Außenluftvolumenstrom über Infiltration nicht berücksichtigt wird, müssen im energetisch nicht modernisierten Altbau mit geringem Wärmeschutz in den Räumen Außenbauteil-Lufdurchlässe vorgesehen werden, die die Volumenstromanforderungen nach *Tabelle 46* gewährleisten. Im energetisch modernisierten Altbau mit hohem Wärmeschutz sind diese Werte, um die höhere Volumenstromanforderung aus der Fläche zu korrigieren.

Daraus ergeben sich für den energetisch modernisierten Altbau mit hohem Wärmeschutz folgende raumweisen Zuluftvolumenströme.

Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer:

$$q_{v,LtM,R,FL} = 2 \cdot \frac{q_{v,ges,R,FL}}{\sum_R q_{v,ges,R,FL}} \cdot q_{v,LtM,fr,FL}$$

$$q_{v,LtM,WZ,SZ,KiZ,FL} = 2 \cdot \frac{12 \text{ m}^3/\text{h}}{44 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 23 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,LtM,WZ,SZ,KiZ,FL} = 12,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Küche:

$$q_{v,LtM,Kü,FL} = 2 \cdot \frac{8 \text{ m}^3/\text{h}}{44 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 23 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,LtM,WZ,SZ,KiZ,FL} = 8,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

6.4.3.3 Steter Außenluftvolumenstrom nach **Abschnitt 6.2**

Bei Berücksichtigung der Randbedingungen des *Abschnitts 6.2* ergibt sich auch für dieses Beispiel ausschließlich für das energetisch nicht modernisierte Schlafzimmer, bei einer Außentemperatur von 10 °C, ein höherer Außenluftbedarf von 20 m³/h statt 18 m³/h, die sich nach der Berechnung der DIN 1946-6 ergeben, Herleitung siehe *Abschnitt 6.3*.

Im Schlafzimmer wird deshalb im Weiteren mit den höheren Volumenstromanforderungen gerechnet.

| Raum | Wärmeschutz gering/ Altbau energetisch nicht modernisiert | Wärmeschutz hoch/ Altbau energetisch modernisiert |
|--------------|--|--|
| Wohnzimmer | 18 m³/h | 12,5 m³/h |
| Schlafzimmer | 20 m³/h | 12,5 m³/h |
| Kinderzimmer | 18 m³/h | 12,5 m³/h |
| Küche | 12 m³/h | 8,4 m³/h |

Tabelle 47: Erforderliche raumweise Außenluft-Volumenströme nach DIN 1946-6 sowie den Randbedingungen nach *Abschnitt 6.2* bei steter Lüftung.

6.4.3.4 Minimaler und maximaler Abluftvolumenstrom des Entlüftungssystems

Das Entlüftungssystem im fensterlosen Bad soll so ausgelegt werden, dass der kleinste Abluftvolumenstrom mindestens die Lüftung abdeckt, die den Bautenschutz gewährleistet. Deshalb muss der kleinste Volumenstrom die Anforderungen des *Abschnitts 6.2* und die Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 abdecken.

Wärmeschutz gering/ Altbau energetisch nicht modernisiert:

$$q_{v,FL,WS \text{ gering}} = 0,5 \cdot \sum_R q_{v,ges,R,FL}$$

$$q_{v,FL,WS \text{ gering}} = 0,5 \cdot 68 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,FL,WS \text{ gering}} = 34 \text{ m}^3/\text{h}$$

Wärmeschutz hoch/ Altbau energetisch modernisiert:

$$q_{v,ges,FL,WS \text{ hoch}} = 23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Aus Tabelle 45 wird nun eine Variante ausgewählt, die diesen minimalen Abluftvolumenstrom stetig gewährleisten kann. DIN 18017-3 fordert hier Mindestvolumenströme. Eine Erhöhung des Abluftvolumenstroms darf erfolgen:

„Größere planmäßige Abluftvolumenströme als die doppelten Volumenströme nach 4.1.1 sind durch die Aufgabe, innen liegende Bäder und Toilettenräume ordnungsgemäß zu entlüften, nicht gerechtfertigt.“

Es wird deshalb die Variante I ausgewählt und der minimale Abluftvolumenstrom an die Anforderungen der Lüftung zum Feuchteschutz angepasst.

| | Wärmeschutz gering/ Altbau energetisch nicht modernisiert | Wärmeschutz hoch/ Altbau energetisch modernisiert |
|---|--|--|
| Abluftvolumenstrom minimal, maximal für 12 h/d | 34 m ³ /h | 23 m ³ /h |
| Abluftvolumenstrom maximal, mindestens für 12 h/d | 40 m ³ /h | 40 m ³ /h |

Tabelle 48: Abluftvolumenströme des Entlüftungssystems

6.4.3.5 Volumenstrom über die Außenbauteil-Luftdurchlässe ALD

Nach DIN 1946-6 gilt:

„Ist der minimale Abluftvolumenstrom des Entlüftungssystems immer größer oder gleich der notwendigen Lüftung zum Feuchteschutz der restlichen Nutzungseinheit nach 7.1 (ohne die mit dem Entlüftungssystem ausgestatteten Räume), erfolgt die Auslegung der ALD nach Gleichung (38). (...) Der Auslegungs-Differenzdruck für die ALD ist nach Tabelle 19 zu bestimmen.“

DIN 1946-6 bestimmt in Gleichung (38), dass der Gesamtvolumenstrom über die ALD dem maximalen Abluftvolumenstrom des Entlüftungssystems nach DIN 18017-3 abzüglich der wirksamen Infiltration entsprechen soll. Da in diesem Beispiel keine Anrechnung der Infiltration erfolgt, muss über die ALD der maximale Abluftvolumenstrom in Höhe von 40 m³/h in die Wohnung eingebbracht werden.

Eine Aufteilung des Gesamtvolumenstroms erfolgt proportional zu den raumweisen Anforderungen.

Wärmeschutz gering / Altbau energetisch nicht modernisiert

$$q_{v,ALD,R} = \frac{q_{v,ges,R,FL}}{\sum_R q_{v,ges,R,FL}} \cdot q_{v,18017-3,max}$$

$$q_{v,ALD,WZ,KiZ} = \frac{18 \text{ m}^3/\text{h}}{68 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ALD,WZ,KiZ} = 11 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ALD,SZ} = \frac{20 \text{ m}^3/\text{h}}{68 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ALD,WZ,KiZ} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ALD,Kü} = \frac{12 \text{ m}^3/\text{h}}{68 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ALD,WZ,KiZ} = 7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Wärmeschutz hoch / Altbau energetisch modernisiert

$$q_{v,ALD,WZ,SZ,KiZ} = \frac{12,5 \text{ m}^3/\text{h}}{45,9 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ALD,WZ,SZ,KiZ} = 10,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ALD,Kü} = \frac{8,4 \text{ m}^3/\text{h}}{45,9 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 40 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,ALD,WZ,KiZ} = 7,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

6.4.4 Ermittlung des mittleren wirksamen Differenzdrucks

Die Wohnung weist keine raumluftabhängige Feuerstätte wie beispielsweise eine Gas-Therme oder einen Ofen auf. Die bauaufsichtliche Richtlinie definiert für diesen Fall:

„Außenluftöffnungen, Leitungen vom Freien und Lüftungsanlagen mit Ventilator sind so zu bemessen, dass sich für den planmäßigen Zuluftvolumenstrom rechnerisch kein größerer Unterdruck in der Wohnung als 8 Pa gegenüber dem Freien ergibt.“

Auch nach DIN 18017-3 ist für diesen Fall mit einem Differenzdruck von 8 Pa zu rechnen. Da über den steten Abluftvolumenstrom des Entlüftungssystems die Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 gewährleistet wird gilt:

„Der Auslegungs-Differenzdruck für die ALD ist nach Tabelle 19 zu bestimmen.“

DIN 1946-6 bestimmt in Gleichung (38), dass der Gesamtvolumenstrom über die ALD dem maximalen Abluftvolumenstrom des Entlüftungssystems nach DIN 18017-3 abzüglich der wirksamen Infiltration entsprechen soll. Der Auslegungs-Differenzdruck für die ALD ist nach Tabelle 19 beträgt für Wohnungen ohne raumluftabhängige Feuerstätte 8 Pa.

6.4.5 Ergebnisse der Auslegung

| Raum | Abluftvolumenstrom | | Außenluftvolumenstrom über ALD | Auslegungs-Differenzdruck |
|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | minimal | maximal | | |
| Wohnzimmer | | | 11 m ³ /h | 8 Pa |
| Schlafzimmer | | | 12 m ³ /h | |
| Kinderzimmer | | | 11 m ³ /h | |
| Küche | | | 7 m ³ /h | |
| Bad, fensterlos | 34 m ³ /h | 40 m ³ /h | | |

Tabelle 49: Erforderliche raumweise Volumenströme Wärmeschutz gering / Altbau energetisch nicht modernisiert.

| Raum | Abluftvolumenstrom | | Außenluftvolumenstrom über ALD | Auslegungs-Differenzdruck |
|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | minimal | maximal | | |
| Wohnzimmer | | | 11 m ³ /h | 8 Pa |
| Schlafzimmer | | | 11 m ³ /h | |
| Kinderzimmer | | | 11 m ³ /h | |
| Küche | | | 7 m ³ /h | |
| Bad, fensterlos | 23 m ³ /h | 40 m ³ /h | | |

Tabelle 50: Erforderliche raumweise Volumenströme Wärmeschutz hoch / Altbau energetisch modernisiert.

Jeder Raum ist mit einem Überströmluftpuff durchlass wie z.B. einem Türunterschnitt auszurüsten, der nach dem geforderten Außenluft- bzw. maximalen Abluftvolumenstrom ausgelegt ist. Der Druckabfall über den Überströmluftpuff durchlass wird mit 1,5 Pa angenommen

6.4.6 Gesundheitlich notwendige Lüftung

Zur Herleitung der gesundheitlich notwendigen Lüftung wird auf den *Abschnitt 6.3* verwiesen.

6.4.7 Erläuterung des Lüftungskonzeptes Freie Querlüftung mit Unterstützung durch ein Entlüftungssystem im fensterlosen Bad und Fensterlüftung

6.4.7.1 Folgen Freie Querlüftung mit Unterstützung durch ein Entlüftungssystem im fensterlosen Bad und Fensterlüftung

Über den steten Abluftvolumenstrom des Entlüftungssystems und die Außenbauteil-Luftdurchlässe wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch erreicht. Über diesen Luftaustausch wird die bei einer üblichen Nutzung der Wohnung anfallende Feuchtelast durch eine dreiköpfige Familie nutzerunabhängig abgeführt.

Weitere bei der Nutzung anfallenden Lasten wie Gerüche oder CO₂ aber auch die ggf. anfallenden an die Raumluft abgegebene Feuchtigkeit aus Wäschetrocknung müssen je nach Nutzung und Belegung durch eine zusätzliche Lüftung über geöffnete Fenster abgeführt werden.

Sommerliche Wärmelasten müssen nachts über eine zusätzliche Lüftung durch geöffnete Fenster abgeführt werden.

Das Entlüftungssystem sorgt für einen Unterdruck in Höhe von 8 Pa in der Wohnung, so sind die freien Querschnitte gegenüber *Abschnitt 6.3* geringer.

Eine Verteilung der Außenluft in die einzelnen Räume der Wohnung findet über den Raumluftverbund über die Überströmquerschnitte und geöffneten Türen in der Wohnung statt.

6.4.7.2 Risiken Freie Querlüftung mit Unterstützung durch ein Entlüftungssystem im fensterlosen Bad und Fensterlüftung

Erfolgt in Verbindung mit Wäschetrocknung an der Raumluft keine zusätzliche Lüftung über geöffnete Fenster, wird diese Feuchtigkeit nicht abgeführt und kann sich in Bauteiloberflächen einlagern.

Feuchtelasten, die über das berücksichtigte Maß hinausgehen, z.B. aus einer nicht planmäßigen Nutzung und Belegung werden über die freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) nicht abgeführt und können sich in Bauteiloberflächen einlagern.

Auch hier wird wieder deutlich, dass zwar der gesamten Wohnung die notwendige Außenluft für die Lüftung zum Feuchteschutz zugeführt wird, aber nicht jedem Raum.

Wenn in einem Raum Fenster geöffnet werden, ist in der Wohnung der geplante Differenzdruck nicht mehr vorhanden, es wird dann verstärkt der Raum mit dem geöffneten Fenster belüftet. Über den Raumluftverbund muss dann eine Verteilung der Außenluft stattfinden.

Der Abluftventilator oder das Abluftventil im Bad erzeugt im Betrieb Eigengeräusche und strahlt diese an den Raum ab. Ist der Schalleintrag zu hoch, kann das dazu führen, dass das System vom Nutzer nicht bestimmungsgemäß betrieben oder manipuliert wird.

Außenbauteil-Luftdurchlässe stellen eine schalltechnische Schwächung der Außenhülle dar, die bei der Berechnung des Schalldämmmaßes berücksichtigt werden muss.

6.4.8 Eigenschaften Entlüftungssystem nach DIN 18017-3

- + Über die geöffneten Fenster kann, an den Bedarf angepasst, in kurzer Zeit ein großer Luftaustausch erreicht werden.
- + Der Luftaustausch kann über Querlüftung noch erhöht werden, wenn mehrere Räume gleichzeitig über geöffnete Fenster gelüftet werden.
- + Über das stetig laufende Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch in der Wohnung bzw. dem Gebäude erreicht.
- + Der minimale Abluftvolumenstrom des stetig laufenden Entlüftungssystems nach DIN 18017-3 deckt in diesem Beispiel den aus Gründen des Bautenschutzes notwendigen Luftwechsel ab.
- + Die erreichten Volumenströme sind unabhängig von den Außen- und Innenbedingungen wie Temperatur und Windverhältnissen.
- + Wird die Lüftung an den Bedarf angepasst, kann dies in diesem Beispiel aus energetischer Sicht zu geringeren Lüftungswärmeverlusten im Vergleich zu den Standards im öffentlich-rechtlichen Nachweis führen.
- + Aufgrund des fensterlosen Bades ist eine Lüftung nach den Vorgaben der „*Bauaufsichtlichen Richtlinie*“ vorgeschrieben.
- Über die Innentüren der Wohnung ist ein Raumluftverbund über Überström-Luftdurchlässe zu gewährleisten. Darüber kann auch eine Schallübertragung stattfinden.
- Um eine gesundheitliche Lüftung zu erreichen, ist zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig.
- Wird in der Wohnung ein Fenster geöffnet, ist der geplante Außenluftvolumenstrom über die ALD in den einzelnen Räumen nicht mehr gegeben.
- Entlüftungssysteme nach DIN 18017-3 erzeugen Eigengeräusche am Ventilator bzw. Abluft-Durchlass.
- Entlüftungssysteme nach DIN 18017-3 benötigen einen Hilfsenergiebedarf.
- In mehrgeschossigen Gebäuden sind in Verbindung mit Entlüftungssystemen nach DIN 18017-3 Brandschutzauflagen zu berücksichtigen.
- Das Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 unterliegt der Wartungspflicht.
- Im Sommer ist zur erhöhten Nachtlüftung zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig, um die Wärme aus dem Baukörper abzuführen.
- Über ALD gelangt Außenlärm in den Wohnraum.
- Eine Lüftung mit Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 ermöglicht keine Filterung.
- Die in der Abluft enthaltene Wärme wird ungenutzt nach außen geführt.
- Eine thermische Konditionierung der Außenluft kann nicht erfolgen.
- Ein Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 wird im öffentlich-rechtlichen Nachweis nicht bonifiziert.

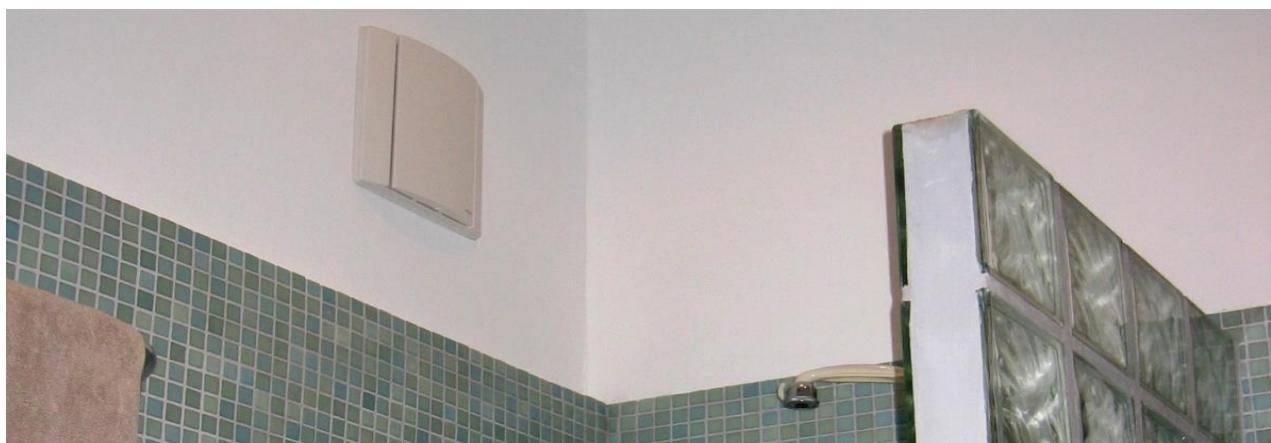


Abbildung 65: Abluftventilator eines Entlüftungssystems nach DIN 18017-3

6.4.9 Eigenschaften der Schachtlüftung

- + Über die geöffneten Fenster kann, an den Bedarf angepasst, in kurzer Zeit ein großer Luftaustausch erreicht werden.
- + Der Luftaustausch kann über Querlüftung noch erhöht werden, wenn mehrere Räume gleichzeitig über geöffnete Fenster gelüftet werden.
- + Sind in Bestandsgebäuden Schachtlüftungssysteme können diese weiter genutzt werden.
- + Über das Schachtlüftungssystem wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch in der Wohnung bzw. dem Gebäude erreicht.
- + Schachtlüftungssysteme können den aus Gründen des Bautenschutzes notwendigen Luftwechsel abdecken.
- + Die Nutzer können ihr Lüftungsverhalten zur gesundheitlichen Lüftung an den tatsächlichen Bedarf anpassen.
- + Wird die Lüftung an den Bedarf angepasst, kann dies in diesem Beispiel aus energetischer Sicht zu geringeren Lüftungswärmeverlusten im Vergleich zu den Standards im öffentlich-rechtlichen Nachweis führen.
- Über die Innen türen der Wohnung ist ein Raumluftverbund über Überström-Luftdurchlässe zu gewährleisten. Darüber kann auch eine Schallübertragung stattfinden.
- Im Sommer ist die Wirksamkeit der Schachtlüftung eingeschränkt, da der Auftrieb nicht mehr vorhanden ist.
- Um eine gesundheitliche Lüftung zu erreichen ist zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig.
- Im Sommer ist zur erhöhten Nachtlüftung zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig, um die Wärme aus dem Baukörper abzuführen.
- Über die notwendigen ALD gelangt Außenlärm in den Wohnraum.
- Die erreichten Volumenströme sind abhängig von den Außen- und Innenbedingungen wie Temperatur und Windverhältnissen.
- Eine Schachtlüftung ermöglicht keine Filterung der Außenluft
- Die in der Abluft enthaltene Wärme wird ungenutzt nach außen geführt.
- Eine thermische Konditionierung der Außenluft kann nicht erfolgen.
- Eine Schachtlüftung wird im öffentlich-rechtlichen Nachweis nicht bonifiziert.

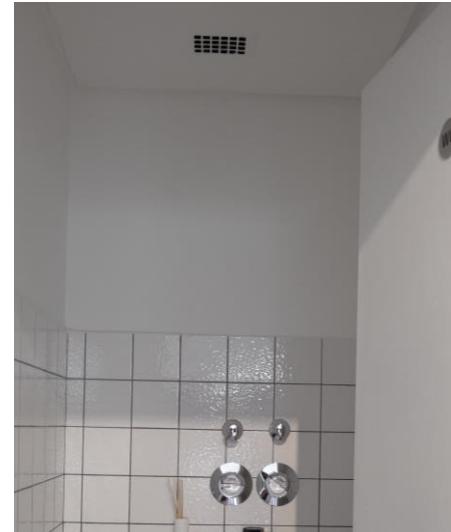
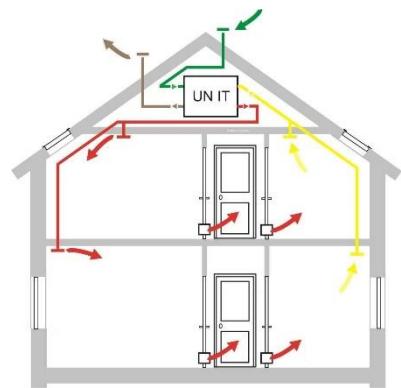


Abbildung 66: Abluftdurchlässe eines Schachtlüftungssystems

6.5 Beispiel: Ventilatorgestützte Lüftung – Zu-/Abluftsystem + Fensterlüftung

6.5.1 Grundsätzliche Funktion ventilatorgestützte Lüftung



Quelle: Berhorst / Reiners

6.5.1.1 Luftwechsel

Das ventilatorgestützte Lüftungssystem dient bei diesem Lüftungssystem der hygienischen Lüftung, die Lüftung über Fenster dient hier dem über die hygienische Lüftung hinausgehenden Lüftungsbedarf, z.B. auch der Abfuhr von sommerlichen Wärmelasten.

Damit die ausgelegten Luftvolumenströme vom System bestimmungsgemäß erbracht werden, ist neben der sorgfältigen Planung und Installation eine Qualitätssicherung wie z.B. eine Einregulierung der Volumenströme notwendig.

6.5.1.2 Abluftsystem

Aus Räumen, in den mit Feuchtelasten und Gerüchen zu rechnen ist, wie Bäder, Toiletten, Küche etc. wird Abluft über dezentrale oder zentrale Abluftventilatoren nach außen abgeführt. In Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmern werden Außenbauteil-Luftdurchlässe vorgesehen, um eine wirksame Nachströmung von Außenluft in jedem Raum zu gewährleisten. Der Luftaustausch über das Abluftsystem kann manuell, also nutzerabhängig gesteuert oder anhand einer geeigneten Regelgröße selbsttätig geregelt werden.

Das folgende Beispiel wird für ein Zu-/Abluftsystem ausgelegt, für eine Auslegung eines Abluftsystems sieht die DIN 1946-6 die Anrechnung der Infiltration auf den Außenluftvolumenstrom über Außenbauteil-Luftdurchlässe vor.

6.5.1.3 Zu-/Abluftsystem zentral

Aus Räumen, in den mit Feuchtelasten und Gerüchen zu rechnen ist, wie Bäder, Toiletten, Küche etc. wird Abluft abgeführt. Alle Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmern werden über Zuluft-Durchlässe belüftet. Über Luftleitungen erfolgt die Versorgung der Räume vom zentralen Zu-/Abluftgerät. Der Luftaustausch kann manuell gesteuert oder anhand einer geeigneten Regelgröße selbsttätig geregelt werden. Zu-/Abluftgeräte, zentral sind üblicherweise mit einem Wärmeübertrager ausgerüstet.



Abbildung 67: Zentrales Zu-/ Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung mit Schalldämpfern

6.5.1.4 Zu-/Abluftsystem dezentral

Alle Aufenthaltsräume der Wohnung werden mit dezentralen Zu-/Abluftgeräten belüftet. Jeder Raum wird für sich belüftet. Der Luftaustausch über das Zu-/Abluftsystem, dezentral kann manuell gesteuert oder anhand einer geeigneten Regelgröße selbsttätig geregelt werden. Raumweise Zu-Abluftgeräte sind üblicherweise mit einem Wärmeübertrager ausgerüstet.

6.5.1.5 Zu-/Abluftsystem dezentral, paarweise arbeitend

Alle Aufenthaltsräume der Wohnung werden mit dezentralen paarweise Zu-/Abluftgeräten belüftet. Bäder, Toiletten und Küchen müssen nach den DIBt-Zulassungskriterien mit jeweils einem Paar ausgerüstet werden. Der Luftaustausch über das Zu-/Abluftsystem kann manuell gesteuert oder anhand einer geeigneten Regelgröße selbsttätig geregelt werden. Raumweise Zu-Abluftgeräte, dezentral, paarweise arbeitend sind üblicherweise mit einem Wärmeübertrager ausgerüstet.



Abbildung 68: Paarweise arbeitendes dezentrales Zu-/ Abluftsystem, Quelle: FLIB e.V

6.5.2 Randbedingungen

Die in der *Abbildung 69* dargestellte Wohnung soll mit dem Lüftungskonzept ventilatorgestützte Lüftung belüftet werden. Über das ventilatorgestützte Lüftungssystem soll die gesundheitliche Lüftung nutzerunabhängig sichergestellt werden. Für einen darüberhinausgehenden Lüftungsbedarf muss eine Lüftung über Fenster erfolgen.

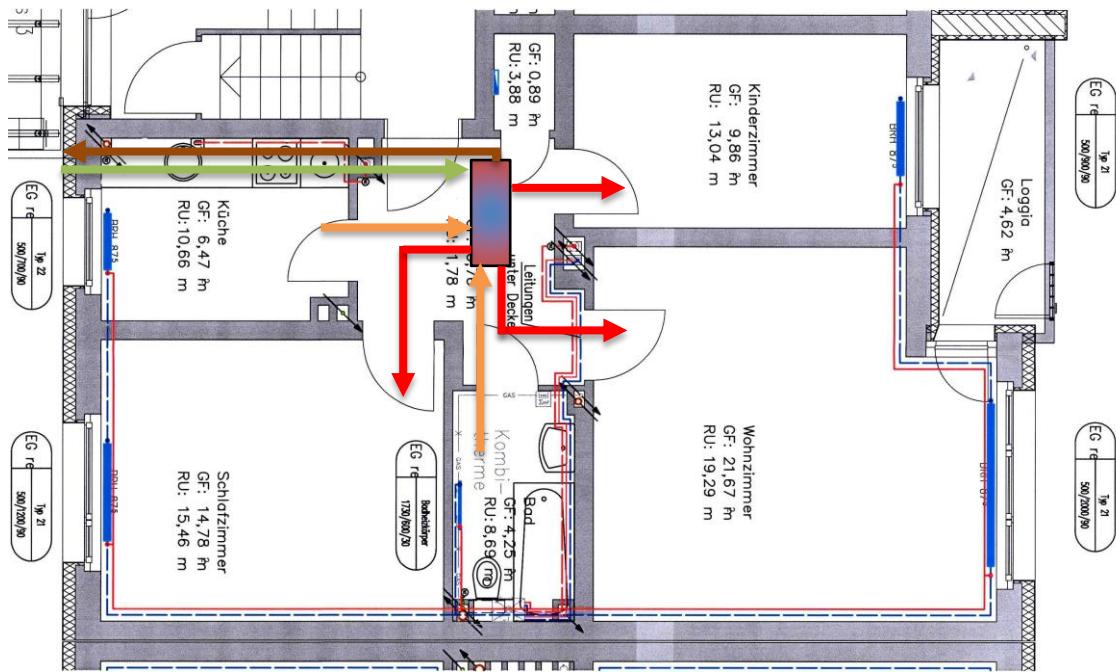


Abbildung 69: Grundrissausschnitt EG mit fensterlosem Bad eines Mehrfamilienhauses mit Zu-/Abluftsystem, modifizierte Abbildung Firma Grundlach-Wohnungsunternehmen.

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Wohnzimmer | 21,67 m ² |
| Schlafzimmer | 14,78 m ² |
| Kinderzimmer | 9,86 m ² |
| Küche | 6,47 m ² |
| Bad, fensterlos | 4,25 m ² |
| Flur und Garderobe | 7,65 m ² |
| Gelüftete Wohnfläche A _L | 64,68 m ² |
| Mittlere Raumhöhe h | 2,5 m |
| Luftvolumen V _{NE} | 161,7 m ³ |

Tabelle 51: Flächen und Luftvolumen der Beispielwohnung

Nachfolgend erfolgt ein Nachweis des notwendigen Außenluftvolumenstroms auf Basis der DIN 1946-6, DIN 18017-3 sowie DIN EN 16798-1.

Diese Wohnung soll mit einem Zu-/Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung belüftet werden, so dass eine Anrechnung des Lüftungssystems in der Energiebedarfsberechnung erfolgen kann.

Bei der Auslegung des Zu-/Abluftsystems erfolgt aus den in 3.3 erläuterten Gründen keine Berücksichtigung der Infiltration von Außenluft. Dies deckt sich bei diesem Lüftungssystem auch mit den Vorgaben der DIN 1946-6.

6.5.3 Ermittlung des erforderlichen Volumenstroms

6.5.3.1 Volumenstromanforderung an die gesamte Wohnung

Für die Anrechnung einer ventilatorgestützten Lüftung ist im GEG in § 28 aufgeführt:

„§ 28 Anrechnung mechanisch betriebener Lüftungsanlagen

Im Rahmen der Berechnung nach § 20 Absatz 1 oder Absatz 2 ist bei mechanischen Lüftungsanlagen die Anrechnung der Wärmerückgewinnung oder einer regelungstechnisch verminderten Luftwechselrate nur zulässig, wenn

1. die Dichtheit des Gebäudes nach § 13 in Verbindung mit § 26 nachgewiesen wird,
2. die Lüftungsanlage mit Einrichtungen ausgestattet ist, die eine Beeinflussung der Luftvolumenströme jeder Nutzeinheit durch den Nutzer erlauben und
3. sichergestellt ist, dass die aus der Abluft gewonnene Wärme vorrangig vor der vom Heizsystem bereitgestellten Wärme genutzt wird.

Die bei der Anrechnung der Wärmerückgewinnung anzusetzenden Kennwerte der Lüftungsanlage sind nach den anerkannten Regeln der Technik zu bestimmen oder den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der verwendeten Produkte zu entnehmen.“

Der in der EnEV enthaltene Satz

„*Im Rahmen der Berechnung nach Nr. 2 ist bei mechanischen Lüftungsanlagen die Anrechnung der Wärmerückgewinnung oder einer regelungstechnisch verminderten Luftwechselrate nur zulässig, wenn (...) der mit Hilfe der Anlage erreichte Luftwechsel § 6 (Mindestluftwechsel, Anm. d. Verf.) Absatz 2 genügt.“*

ist jedoch nicht mehr enthalten.

Das Zu-/Abluftsystem dieses Beispiels soll sowohl zur Sicherstellung der Lüftung zum Bautenschutz als auch der gesundheitlichen Lüftung für die gesamte Wohnung dienen. Deshalb erfolgt die Auslegung des Volumenstroms nach den Anforderungen an eine gesundheitliche Lüftung nach DIN 1946-6, DIN 18017-3 sowie DIN EN 16798-1. So ist eine Anrechnung einer ventilatorgestützten Lüftung nach DIN V 18599-2 möglich:

„*Für Lüftungsanlagen zur vollständigen Belüftung ist sowohl der anlagentechnisch einzuhaltende Mindestluftvolumenstrom als auch der nutzungsbedingte Mindestaußenluftwechsel einzuhalten.“*

Für die primärenergetische Bewertung wird mit einem mittleren Luftwechsel gerechnet, siehe dazu Abschnitt 2.3. Der Luftwechsel, der sich in der Wohnung durch Nutzung ergibt, kann vom mittleren Luftwechsel der primärenergetischen Bewertung abweichen.

Anmerkung: Mit der neuen DIN V 18599-6 können auch Hybridsysteme aus Fensterlüftung und Zu-/Abluftsystemen energetisch bewertet werden.

6.5.3.2 Gesundheitlich notwendige Lüftung

Zur Herleitung der gesundheitlich notwendigen Lüftung wird auf den Abschnitt 6.3 verwiesen. Bei der Auslegung der gesundheitlichen Lüftung für die ventilatorgestützte Lüftung berücksichtigt DIN 1946-6 sowohl die Wohnfläche als auch den notwendigen Abluftvolumenstrom in Küchen, Bäder, Toiletten etc.

$$q_{v,ges,NE,NL} = -0,002 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 11$$

$$q_{v,ges,NE,NL} = -0,002 \cdot 64,68^2 + 1,15 \cdot 64,68 + 11$$

$$q_{v,ges,NE,NL} = 77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Der notwendige Abluftvolumenstrom für Küche und Bad ergibt sich aus Tabelle 52.

| Gesamtluftvolumenstrom $q_{v,ges,R,ab}$ der Ablufräume bei ventilatorgestützter Lüftung in m^3/h | | | | | | | |
|--|---------|--------------------------|----|----------------------|-----|----------------|-------|
| | HWR/HAR | Kellerraum, Hobbyraum | WC | Küche, Kochnische | Bad | Dusch- raum | Sauna |
| Nennlüftung NL _R | | 20 | | 40 | | 40 | |

Tabelle 52: Gesamt-Abluftvolumenströme $q_{v,ges,R,ab}$ bei ventilatorgestützter Lüftung nach DIN 1946-6

Der gesundheitlich notwendige Außenluftvolumenstrom $q_{v,ges,NL}$ ergibt sich aus:

$$q_{v,ges,NL} = \max \left(q_{v,ges,NE,NL}; \min \left(\sum_{R,ab} q_{v,ges,R,ab,NL}; 1,2 \cdot q_{v,ges,NE,NL} \right) \right)$$

Bei diesem Ansatz wird berücksichtigt, dass aufgrund von ggf. zahlreich vorhandenen Ablufräumen, der ausgelegte gesundheitliche Außenluftvolumenstrom den flächenbezogenen nicht übermäßig überschreitet.

$$q_{v,ges,NL} = \max (77 \text{ } m^3/\text{h}; \min (80 \text{ } m^3/\text{h}; 1,2 \cdot 77 \text{ } m^3/\text{h}))$$

$$q_{v,ges,NL} = 80 \text{ } m^3/\text{h}$$

Für das Beispiel ergibt sich daraus ein personenbezogener Außenluftvolumenstrom bei einer Belegung mit 3 Personen von $80 \text{ } m^3/\text{h} / 3 \text{ Personen} = 27 \text{ } m^3/\text{h}$ je Person, sowie bei einer Belegung mit 2 Personen von $80 \text{ } m^3/\text{h} / 2 \text{ Personen} = 40 \text{ } m^3/\text{h}$ je Person.

In Abschnitt 6.3 ist die Herleitung des gesundheitlich notwendigen Außenluftvolumenstroms nach DIN EN 16798-1 erläutert, danach ergibt sich für eine Auslegung nach den Kategorien I und II folgender Gesamtvolumenstrom für die Beispielwohnung.

Gesamtvolumenstrom = Belegungsanzahl x Zuluftvolumenstrom je Person nach Tabelle 29.

- Belegung mit 3 Personen, Kategorie I: $108 \text{ } m^3/\text{h}$
- Belegung mit 3 Personen, Kategorie II: $75 \text{ } m^3/\text{h}$
- Belegung mit 2 Personen, Kategorie I: $72 \text{ } m^3/\text{h}$
- Belegung mit 2 Personen, Kategorie II: $50 \text{ } m^3/\text{h}$

Wird für die gesundheitliche Lüftung als Auslegungsvolumenstrom die Nennlüftung der DIN 1946-6 verwendet, entspricht das bei einer Belegung der Wohnung mit 3 Personen in etwas der Kategorie II nach DIN EN 16798-1.

Auf der kleinsten Stufe soll das Lüftungssystem den Bautenschutz gewährleisten. Bei einem energetisch modernisierten Altbau mit hohem Wärmeschutz ergibt sich nach DIN 1946-6 ein Wärmeschutzfaktor f_{ws} von 0,3. Daraus ergibt sich für die Lüftung zum Feuchteschutz für die gesamte Wohnung

$$q_{v,ges,FL} = f_{ws} \cdot q_{v,ges,NL}$$

$$q_{v,ges,FL} = 0,3 \cdot 80 \text{ } m^3/\text{h}$$

$$q_{v,ges,FL} = 24 \text{ } m^3/\text{h}$$

6.5.3.3 Volumenstromanforderungen für das fensterlose Bad

Das fensterlose Bad gilt nur dann als wirksam gelüftet, wenn die Volumenstromanforderungen der bauaufsichtlichen Richtlinie bzw. der DIN 18017-3 eingehalten werden. Bei der Bestimmung des Abluftvolumenstroms des fensterlosen Bades sind diese Regeln zusätzlich zu den Anforderungen an die gesundheitliche Lüftung z.B. nach DIN 1946-6 zu berücksichtigen.

Für dieses Beispiel wird ein maximaler Abluftvolumenstrom nach *Tabelle 45*, Variante I in Höhe von 40 m³/h gewählt, der minimale Abluftvolumenstrom in Höhe von 20 m³/h muss mindestens 12 h/Tag gewährleistet sein.

6.5.3.4 Raumweise Volumenströme

Für die Aufteilung des für die Wohnung ermittelten Gesamtvolumenstroms auf die Räume der Wohnung gibt DIN 1946-6 sogenannte „Zuluftfaktoren“, *Tabelle 53*. Damit ist es möglich, stärker und weniger stark gelüftete Räume auszulegen.

| Raum | Faktor $f_{R,zu}$ zur planmäßigen Aufteilung der Zuluftvolumenströme |
|----------------------|--|
| Wohnzimmer | 3 ($\pm 0,5$) |
| Schlaf-/Kinderzimmer | 2 ($\pm 1,0$) |
| Esszimmer | 1,5 ($\pm 0,5$) |
| Arbeitszimmer | |
| Gästezimmer | |

Tabelle 53: Empfohlene Aufteilung der Zuluftvolumenströme nach DIN 1946-6

Dabei darf der Zuluftvolumenstrom der Schlafräume (Schlaf-/Kinderzimmer, Gästezimmer) für die Nennlüftung nicht kleiner als 15 m³/h je Person ausgelegt werden. Falls sich dadurch der Gesamtvolumenstrom erhöht, ist der Abluftvolumenstrom entsprechend anzupassen. Bei einer stark abweichenden Nutzung können die Faktoren auch geändert werden.

Die Aufteilung erfolgt nach Gleichung

$$q_{v,LtM,R,zu} = \frac{f_{R,zu}}{\sum f_{R,zu}} \cdot q_{v,LtM,vg,NL}$$

Daraus ergibt sich für die Beispielwohnung

| Raum | Faktor $f_{R,zu}$ gewählt | Aufteilung der Zuluftvolumenströme | Zuluftvolumenstrom |
|--------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| Wohnzimmer, Schlafzimmer | 3 | $q_{v,LtM,WZ,SZ,zu} = \frac{3}{3+3+2} \cdot 80 \text{ m}^3/\text{h}$ | 30 m ³ /h |
| Kinderzimmer | 2 | $q_{v,LtM,KiZ,zu} = \frac{2}{3+3+2} \cdot 80 \text{ m}^3/\text{h}$ | 20 m ³ /h |

Tabelle 54: Aufteilung des Gesamtvolumenstroms für die gesundheitliche Lüftung auf die Zulufträume

Die Aufteilung des Gesamtvolumenstroms auf die Ablufträume erfolgt nach den Volumenstromanforderungen der Ablufträume:

$$q_{v,LtM,R,ab} = \frac{q_{v,ges,R,ab,NL}}{\sum q_{v,ges,R,ab,NL}} \cdot q_{v,LtM,vg,NL}$$

Daraus ergibt sich für die Beispielwohnung

| Raum | $q_{v,ges,R,ab,NL}$ | Aufteilung der Abluftvolumenströme | Abluftvolumenstrom |
|-----------------|----------------------|--|----------------------|
| Küche | 40 m ³ /h | $q_{v,LtM,Kü,ab} = \frac{40 \text{ m}^3/\text{h}}{40 \text{ m}^3/\text{h} + 40 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 80 \text{ m}^3/\text{h}$ | 40 m ³ /h |
| Bad, fensterlos | 40 m ³ /h | $q_{v,LtM,Bad,ab} = \frac{40 \text{ m}^3/\text{h}}{40 \text{ m}^3/\text{h} + 40 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 80 \text{ m}^3/\text{h}$ | 40 m ³ /h |

Tabelle 55: Aufteilung des Gesamtvolumenstroms für die gesundheitliche Lüftung auf die Ablufträume

Da der raumweise Abluftvolumenstrom nach DIN 1946-6 dem gewählten maximalen Abluftvolumenstrom nach DIN 18017-3 entspricht, ist keine Anpassung des Gesamtvolumenstroms notwendig.

Um den minimalen Volumenstrom des Systems zu bestimmen, muss der nach DIN 18017-3 geforderte minimale Abluftvolumenstrom im fensterlosen Bad berücksichtigt werden. Aus der Aufteilung nach DIN 1946-6 ergibt sich

$$q_{v,LtM,R,ab,min} = \frac{q_{v,ges,R,ab,NL}}{\sum q_{v,ges,R,ab,NL}} \cdot q_{v,LtM,vg,FL}$$

$$q_{v,LtM,R,ab,min} = \frac{40 \text{ m}^3/\text{h}}{80 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 24 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,LtM,R,ab,min} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

Da der minimale Abluftvolumenstrom im fensterlosen Bad nach DIN 18017-3 bei der gewählten Variante I 20 m³/h beträgt, muss der minimale Volumenstrom des Zu-/Abluftsystems korrigiert werden. Der minimale Volumenstrom beträgt:

$$q_{v,LtM,Kü,ab,min} = 12 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,LtM,Bad,ab,min} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{v,LtM,min} = q_{v,LtM,Kü,ab,min} + q_{v,LtM,Bad,ab,min}$$

$$q_{v,LtM,min} = 32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Daraus ergibt sich für den minimalen Zuluftvolumenstrom:

| Raum | Faktor $f_{R,zu}$ gewählt | Aufteilung der Zuluftvolumenströme | Zuluftvolumenstrom |
|-----------------------------|------------------------------|--|----------------------|
| Wohnzimmer, Schlafzimmer | 3 | $q_{v,LtM,WZ,SZ,zu} = \frac{3}{3+3+2} \cdot 32 \text{ m}^3/\text{h}$ | 12 m ³ /h |
| Kinderzimmer | 2 | $q_{v,LtM,KiZ,zu} = \frac{2}{3+3+2} \cdot 32 \text{ m}^3/\text{h}$ | 8 m ³ /h |

Tabelle 56: Aufteilung des minimalen Volumenstroms auf die Zulufträume

6.5.4 Ergebnisse der Auslegung

| Raum | Abluftvolumenstrom | | Zuluftvolumenstrom | |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | minimal | maximal | minimal | maximal |
| Wohnzimmer | | | 12 m ³ /h | 30 m ³ /h |
| Schlafzimmer | | | 12 m ³ /h | 30 m ³ /h |
| Kinderzimmer | | | 8 m ³ /h | 20 m ³ /h |
| Küche | 12 m ³ /h | 40 m ³ /h | | |
| Bad, fensterlos | 20 m ³ /h | 40 m ³ /h | | |
| Summe | 32 m ³ /h | 80 m ³ /h | 32 m ³ /h | 80 m ³ /h |

Tabelle 57: Erforderliche raumweise Volumenströme Wärmeschutz gering / Altbau energetisch nicht modernisiert

6.5.4.1 Abluftsystem

Das Beispiel wird für ein Zu-/Abluftsystem ausgelegt, für eine Auslegung eines Abluftsystems erlaubt DIN 1946-6 die Anrechnung der Infiltration auf den Außenluftvolumenstrom über Außenbauteil-Luftdurchlässe. Die Angaben zum Zuluftvolumenstrom der Tabelle 57 müssen dafür angepasst werden.

Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer werden mit Außenbauteil-Luftdurchlässen ausgerüstet. Küche und Bad werden mit Abluftdurchlässen (zentrales Abluftsystem) bzw. Abluftventilatoren (dezentrales Abluftsystem) ausgerüstet.

Jeder Raum ist mit einem Überströmluftdurchlass wie z.B. einem Türunderschnitt auszurüsten, der nach dem geforderten maximalen Außen- bzw. maximalen Abluftvolumenstrom ausgelegt ist. Der Druckabfall über den Überströmluftdurchlass wird mit 1,5 Pa angenommen.

Der Außenluftvolumenstrom gelangt über Außenbauteilluftdurchlässen in die Zulufräume. Von den Zulufräumen gelangt die Luft über den Raumluftverbund in der Wohnung zu den Ablufträumen.

6.5.4.2 Zentrales Zu-/Abluftsystem

Jeder Raum ist mit einem Überströmluftdurchlass wie z.B. einem Türunderschnitt auszurüsten, der nach dem geforderten maximalen Zu- bzw. maximalen Abluftvolumenstrom ausgelegt ist. Der Druckabfall über den Überströmluftdurchlass wird mit 1,5 Pa angenommen. Der Zuluftvolumenstrom gelangt von den Zulufräumen über den Raumluftverbund in der Wohnung zu den Ablufträumen.

6.5.4.3 Dezentrales Zu-/Abluftsystem

Wohnzimmer, Kinderzimmer und Küche werden jeweils mit einem Zu-Abluftgerät ausgerüstet und damit für sich belüftet.

Das fensterlose Bad wird über das dezentrale Zu-Abluftgerät im Schlafzimmer belüftet, dazu ist ein Lüftungsgerät mit zusätzlichem Abluftanschluss vorzusehen, das auch den im fensterlosen Bad notwendigen maximalen Abluftvolumenstrom in Höhe von 40 m³/h gewährleistet. Da Schlafzimmer und fensterloses Bad im Raumluftverbund stehen, sind dort Überströmluftdurchlässe vorzusehen.

6.5.4.4 Dezentrales, paarweises Zu-/Abluftsystem

Dezentrale, paarweise Zu-Abluftgeräte arbeiten im Gegentakt paarweise zusammen. Fördert ein Gerät Fortluft nach außen ab, fördert das andere Gerät Außenluft in die Wohnung hinein.

Wohnzimmer und Küche erhalten zwei, Schlafzimmer und Kinderzimmer erhalten jeweils ein dezentrales, paarweises Zu-Abluftgerät. Die zwei dezentralen, paarweisen Zu-Abluftgeräte in der Küche dienen der Lüftung der Küche. Ein Zu-Abluftgerät im Wohnzimmer arbeitet zusammen mit dem Zu-Abluftgerät im Schlafzimmer, das andere Zu-Abluftgerät im Wohnzimmer arbeitet zusammen mit dem Zu-Abluftgerät im Kinderzimmer. Die Geräte müssen so betrieben werden, dass die Volumenströme nach *Tabelle 57* gewährleistet sind.

Jeder Raum ist mit einem Überströmluftdurchlass wie z.B. einem Türunderschnitt auszurüsten, der nach dem geforderten maximalen Zu- bzw. maximalen Abluftvolumenstrom ausgelegt ist, der diesem Raum zu- bzw. abgeführt wird. Der Druckabfall über den Überströmluftdurchlass wird mit 1,5 Pa angenommen.

Das fensterlose Bad muss mit einem Entlüftungssystem ausgerüstet werden, das die Abluftvolumenströme nach DIN 18017-3 gewährleistet.

6.5.5 Erläuterung des Lüftungskonzeptes Ventilatorgestützte Lüftung – Zu-/Abluftsystem

6.5.5.1 Folgen Ventilatorgestützte Lüftung – Zu-/Abluftsystem

Über den steten Volumenstrom des Zu-Abluftsystems wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch erreicht. Über diesen Luftaustausch wird auf der kleinsten Betriebsstufe, die bei einer üblichen Nutzung der Wohnung anfallende Feuchtelast durch eine dreiköpfige Familie sichergestellt. Auf der größten Betriebsstufe wird die gesundheitliche Lüftung gewährleistet, die bei der geplanten Nutzung notwendig wird.

Darüberhinausgehende Lasten, die z.B. aus einer übermäßigen Belegung hervorgehen, sind über eine zusätzliche Lüftung über geöffnete Fenster abzuführen.

Sommerliche Wärmelasten müssen nachts über eine zusätzliche Lüftung durch geöffnete Fenster abgeführt werden.

Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft und eine ggf. vorhandene bedarfsgerechte Regelung anhand einer geeigneten Führungsgröße (Feuchte, CO₂ etc.) dürfen im energetischen Nachweis berücksichtigt werden.

Bei einer Auslegung nach *Tabelle 57* wird auf der größten Betriebsstufe der gesamten Wohnung die notwendige Außenluft zur gesundheitlichen Lüftung zugeführt, aber nicht jedem einzelnen Raum.

Dezentrales Zu-/Abluftsystem

Jeder Raum kann über das dezentrale Zu-Abluftgerät individuell gelüftet werden.

6.5.5.2 Risiken Ventilatorgestützte Lüftung – Zu-/Abluftsystem

Wird während der Heizperiode in der Wohnung ein Fenster geöffnet, wird der Wohnung ein zusätzlicher Außenluftvolumenstrom zugeführt. Die damit einhergehenden zusätzlichen Lüftungswärmeverluste sind ggf. im energetischen Nachweis nicht ausreichend berücksichtigt.

Dezentrales und dezentrales, paarweises Zu-/Abluftsystem

Dezentrale Lüftungsgeräte erzeugen im Betrieb Eigengeräusche und strahlen diese sowohl an den Raum als auch nach außen ab. Empfinden Nutzer diese Geräte im Betrieb als zu laut, könnten sie auf einer nicht bestimmungsgemäßen Stufe betrieben oder ganz abgeschaltet werden.

Dezentrales, paarweises Zu-/Abluftsystem

Das fensterlose Bad muss mit einem Entlüftungssystem ausgerüstet werden, das die Abluftvolumenströme nach DIN 18017-3 gewährleistet. Ist dieses Entlüftungssystem in Betrieb, werden die dezentralen, paarweisen Zu-Abluftgeräte für diese Dauer in einer Disbalance betrieben und weniger Abluft als Zuluft fördern.

6.5.6 Eigenschaften des Abluftsystems

- + Es wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch in der Wohnung erreicht.
- + Es wird die gesundheitliche Lüftung nutzerunabhängig gewährleistet.
- + Wird das Abluftsystem mittels eines geeigneten Raumluftensors nach Bedarf geregelt, erfolgt eine Anpassung des Außenluftvolumenstroms an die tatsächliche Nutzung der Wohnung.
- + Die erreichten Volumenströme sind unabhängig von den Außen- und Innenbedingungen wie Temperatur und Windverhältnissen.
- + Ein Abluftsystem ermöglicht eine Filterung der Außenluft über Grobstaubfilter an den ALD.
- + Wird das Abluftsystem mittels eines geeigneten Raumluftensors nach Bedarf geregelt, kann in der Energiebedarfsberechnung gegenüber der Fensterlüftung mit verminderten Lüftungswärmeverlusten gerechnet werden.
- + Ein Abluftsystem kann mit einer Wärmepumpe kombiniert werden.
- Bei bestimmungsgemäß manuell schaltbaren Abluftsystemen ist der Nutzer verantwortlich für den erreichten Luftaustausch
- Über die Innentüren der Wohnung ist ein Raumluftverbund über Überström-Luftdurchlässe zu gewährleisten. Darüber kann auch eine Schallübertragung stattfinden.
- Wird in der Wohnung ein Fenster geöffnet, ist der geplante Außenluftvolumenstrom über die ALD in den einzelnen Räumen nicht mehr gegeben.
- Abluftsysteme erzeugen Eigengeräusche am Ventilator bzw. Abluft-Durchlass.
- In mehrgeschoßigen Gebäuden sind Brandschutzaflagen an das Abluftsystem zu berücksichtigen, wenn damit Brandabschnitte durchdrungen werden.
- Im Sommer ist zur erhöhten Nachtlüftung zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig, um die Wärme aus dem Baukörper abzuführen.
- Über ALD gelangt Außenlärm in den Wohnraum.
- Ein Abluftsystem ermöglicht keine Feinstaubfilterung.
- Die in der Abluft enthaltene Wärme wird im Regelfall ungenutzt nach außen geführt.
- Eine thermische Konditionierung der Außenluft kann nicht erfolgen.
- Ein Abluftsystem unterliegt der Wartungspflicht.
- Die Investitionskosten gegenüber dem Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 sind höher.

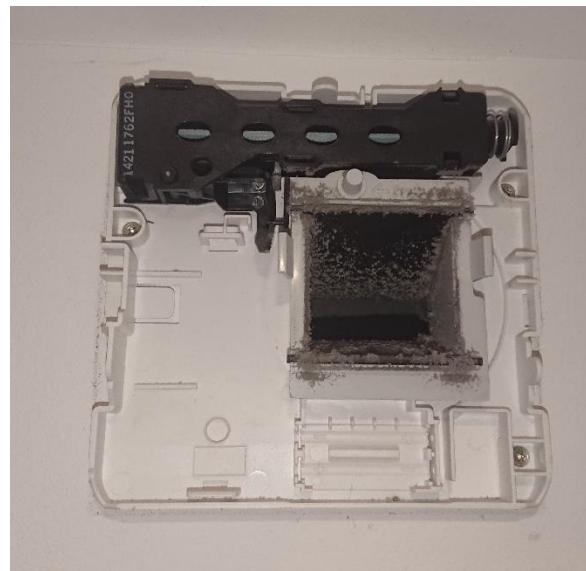


Abbildung 70: Abluftdurchlass einer zentralen Abluftanlage nach 6 Monaten Nutzung – Wartung zweimal jährlich ist je nach Umgebung ratsam

6.5.7 Eigenschaften des Zu-/Abluftsystems, zentral

- + Es wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch in der Wohnung erreicht.
- + Es wird die gesundheitliche Lüftung nutzerunabhängig gewährleistet.
- + Wird das Zu-/Abluftsystem, zentral mittels eines geeigneten Raumluftensors nach Bedarf geregelt, erfolgt eine Anpassung des Außenluftvolumenstroms an die tatsächliche Nutzung der Räume.
- + Die in der Abluft enthaltene Wärme wird zur Vorerwärmung der Außenluft genutzt.
- + Es kann darüber hinaus eine thermische Konditionierung der Außenluft erfolgen.
- + Eine sommerliche Lüftung über einen Bypass ist möglich, ggf. erweiterbar um einen Erdreich-Wärmeübertrager.
- + Eine Zusatzheizung kann integriert werden.
- + Ein Zu-/Abluftsystem, zentral ermöglicht eine Feinstaubfilterung der Außenluft.
- + Ein Zu-/Abluftsystem, zentral kann in der Energiebedarfsberechnung mit vermindernden Lüftungswärmeverlusten gerechnet werden.
- Bei bestimmungsgemäß manuell schaltbaren Zu-/Abluftsystemen, zentral ist der Nutzer verantwortlich für den erreichten Luftaustausch.
- Die vorerwärmte Luft in Kombination mit steten hohen Zuluftvolumenströmen können zu geringen Luftfeuchten führen.
- Über die Innentüren der Wohnung ist ein Raumluftverbund über Überström-Luftdurchlässe zu gewährleisten. Darüber kann auch eine Schallübertragung stattfinden.
- Zu-/Abluftgeräte, zentral erzeugen Eigengeräusche.
- Gegenüber den im öffentlich-rechtlichen Nachweis abgebildeten Energieeinspareffekten, kann eine zusätzliche längere Lüftung über das Fenster zu höheren realen Lüftungswärmeverlusten führen.
- Im Sommer ist zur erhöhten Nachtlüftung zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig, um die Wärme aus dem Baukörper abzuführen.
- In mehrgeschossigen Gebäuden sind Brandschutzauflagen an das Zu-/Abluftsystem, zentral zu berücksichtigen, wenn damit Brandabschnitte durchdrungen werden.
- Ein Zu-/Abluftsystem, zentral inklusive des Luftleitungssystems unterliegt der Wartungspflicht. Unterlassene Wartung hat energetische und gesundheitliche Folgen.
- Die Investitionskosten gegenüber dem Abluftsystem sind höher.

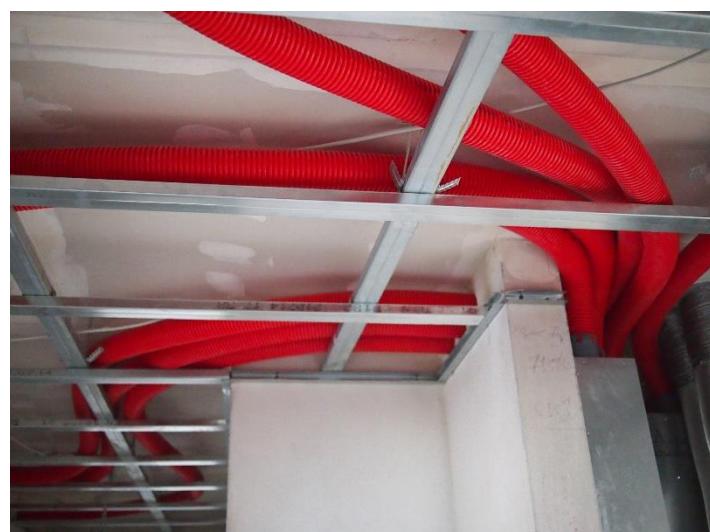


Abbildung 71: Luftleitungen müssen frühzeitig im Gebäudeentwurf geplant werden – für Reinigungszwecke muss eine Zugänglichkeit über Inspektionsöffnungen gewährleistet sein.

6.5.8 Eigenschaften des Zu-/Abluftsystems, dezentral

- + Es wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch in der Wohnung bzw. dem Gebäude erreicht.
- + Es wird die gesundheitliche Lüftung nutzerunabhängig gewährleistet.
- + Der Luftaustausch jedes Raums kann individuell angepasst werden.
- + Wird das Zu-/Abluftsystem, dezentral mittels eines geeigneten Raumluftensors nach Bedarf geregelt, erfolgt eine Anpassung des Außenluftvolumenstroms an die tatsächliche Nutzung der Räume.
- + Die in der Abluft enthaltene Wärme wird zur Vorerwärmung der Außenluft genutzt.
- + Es kann darüber hinaus eine thermische Konditionierung der Außenluft erfolgen.
- + Ein Zu-/Abluftgerät, dezentral ermöglicht eine Grobstaubfilterung der Außenluft, eine Feinstaubfilterung ist bei einzelnen Geräten möglich.
- + Ein Zu-/Abluftsystem, dezentral kann in der Energiebedarfsberechnung mit verminder-ten Lüftungswärmeverlusten gerechnet werden.
- + Zur Belüftung fensterloser Bäder und Toiletten lassen sich Zu-/Abluftgeräte mit einem zusätzlichen Abluftanschluss vorzusehen.
- Bei bestimmungsgemäß manuell schaltbaren Zu-/Abluftsystemen, dezentral ist der Nutzer verantwortlich für den erreichten Luftaustausch.
- Die vorerwärmte Luft in Kombination mit steten hohen Zuluftvolumenströmen können zu geringen Luftfeuchten führen.
- Zu-/Abluftgeräte, dezentral erzeugen Eigengeräusche und einen Schalleintrag nach außen.
- Eine zusätzliche längere Lüftung über das Fenster führt in der Heizperiode zu höheren Lüftungswärmeverlusten.
- Im Sommer ist zur erhöhten Nachtlüftung zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwen-dig, um die Wärme aus dem Baukörper abzuführen.
- Ein Zu-/Abluftsystem, dezentral unterliegt der Wartungspflicht. Unterlassene Wartung hat energetische und gesundheitliche Folgen.
- Die Investitionskosten gegenüber dem Abluftsystem sind höher.

6.5.9 Eigenschaften des Zu-/Abluftsystems, dezentral, paarweise arbeitend

- + Es wird ein nutzerunabhängiger Luftaustausch in der Wohnung bzw. dem Gebäude erreicht.
- + Es wird die gesundheitliche Lüftung nutzerunabhängig gewährleistet.
- + Wird das Zu-/Abluftsystem, dezentral, paarweise arbeitend mittels eines geeigneten Raumluftensors nach Bedarf geregelt, erfolgt eine Anpassung des Außenluftvolumenstroms an die tatsächliche Nutzung der Räume.
- + Die in der Abluft enthaltene Wärme wird zur Vorerwärmung der Außenluft genutzt.
- + Es kann darüber hinaus eine thermische Konditionierung der Außenluft erfolgen.
- + Ein raumweises Zu-/Abluftgerät, dezentral, paarweise arbeitend ermöglicht eine Grobstaubfilterung der Außenluft.
- + Ein Zu-/Abluftsystem, dezentral, paarweise arbeitend kann in der Energiebedarfsberechnung mit vermindernden Lüftungswärmeverlusten gerechnet werden.
- Bei bestimmungsgemäß manuell schaltbaren Zu-/Abluftsystemen, dezentral, paarweise arbeitend ist der Nutzer verantwortlich für den erreichten Luftaustausch.
- Über die Innentüren der Wohnung ist ein Raumluftverbund über Überström-Luftdurchlässe zu gewährleisten. Darüber kann auch eine Schallübertragung stattfinden.
- Die vorerwärmte Luft in Kombination mit steten hohen Zuluftvolumenströmen können zu geringen Luftfeuchten führen.
- Fensterlose Bäder und Toiletten lassen sich mit diesem System nicht belüften.
- Zu-/Abluftgeräte, dezentral, paarweise arbeitend erzeugen Eigengeräusche und einen Schalleintrag nach außen.
- Eine zusätzliche längere Lüftung über das Fenster führt zu höheren Lüftungswärmeverlusten.
- Im Sommer ist zur erhöhten Nachtlüftung zusätzlich eine Lüftung über Fenster notwendig, um die Wärme aus dem Baukörper abzuführen.
- Ein Zu-/Abluftsystem, dezentral, paarweise arbeitend ermöglicht keine Feinstaubfiltrierung.
- Ein Zu-/Abluftsystem, dezentral, paarweise arbeitend unterliegt der Wartungspflicht. Unterlassene Wartung hat energetische und gesundheitliche Folgen.
- Die Investitionskosten gegenüber dem Abluftsystem sind höher.

7 Auswahl eines Lüftungssystems

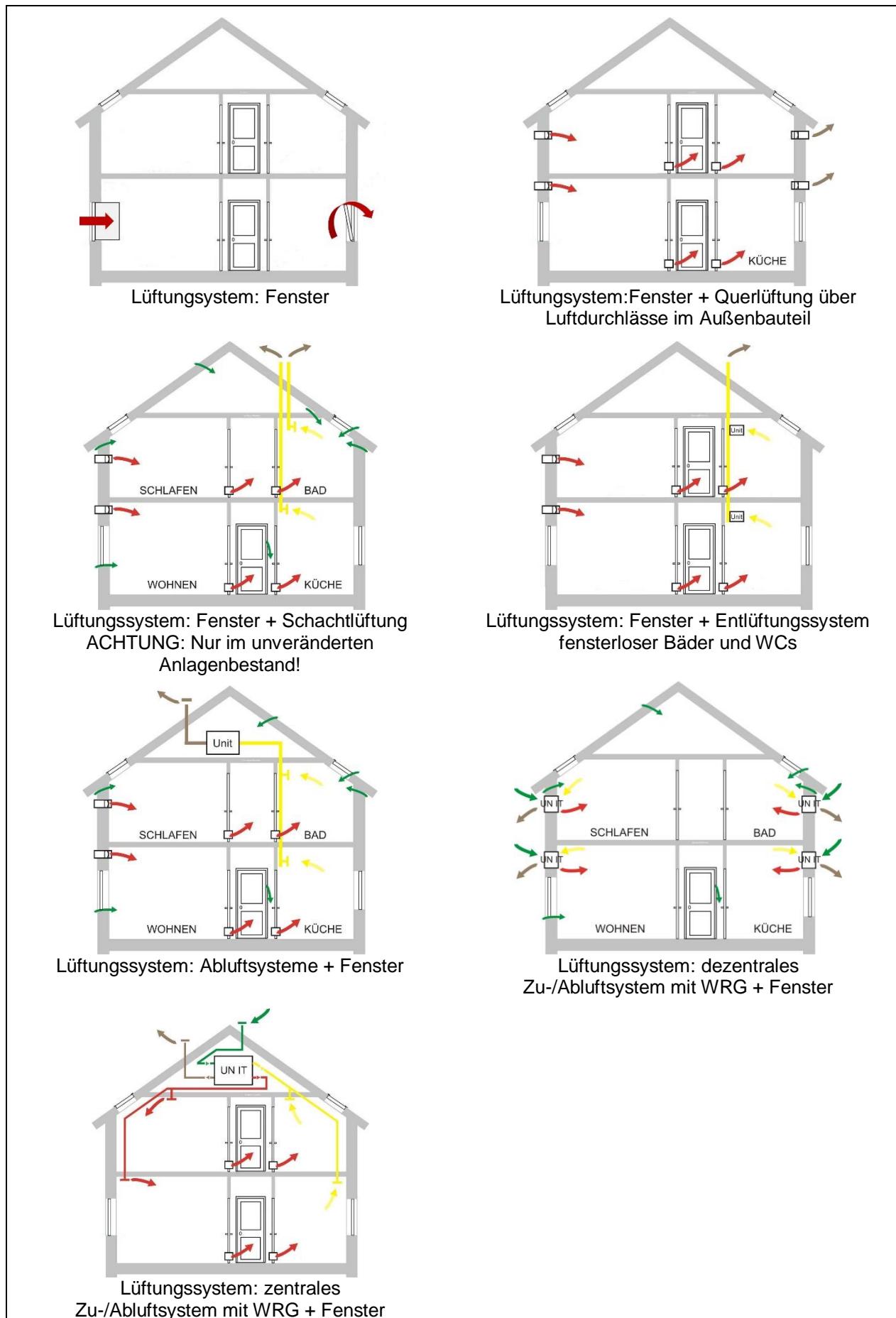


Abbildung 72: Übersicht der behandelten Lüftungssysteme, Quelle: Berhorst / Reiners

7.1 Entscheidungsmatrix

Tabelle 58 stellt für die aufgeführten Lüftungssysteme Bewertungskriterien auf. Sie dienen der Beurteilung der Eignung der Lüftungssysteme für konkrete Bauvorhaben. Im Einzelfall können diese Kriterien auch erweitert werden.

| Lüftungssystem | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|--|---|--|--|--|--|--|
| Kriterien | Fenster | Fenster + Querlüftung über Luftdurchlässe im Außenbauteil | Fenster + Schachtlüftung ACHTUNG: Nur im unveränderten Anlagenbestand! | Fenster + Entlüftungssystem fensterloser Bäder und WCs | Abluftsysteme ohne Bedarfsregelung + Fenster | dezentrales Zu-/Abluftsystem mit WRG + Fenster | zentrales Zu-/Abluftsystem mit WRG + Fenster |
| Lüftung zum Feuchteschutz / Bautenschutz | | | | | | | |
| Hygienische Lüftung / Abfuhr von Schadstoffen | | | | | | | |
| Nutzerunabhängiger Lufтаustausch | | | | | | | |
| Energetische Bewertung im öffentlich-rechtlichen Nachweis | höhere Wärmeverluste als Referenzgebäude | höhere Wärmeverluste als Referenzgebäude | höhere Wärmeverluste als Referenzgebäude | höhere Wärmeverluste als Referenzgebäude | Referenzgebäude | geringere Wärmeverluste als Referenzgebäude | geringere Wärmeverluste als Referenzgebäude |
| Nutzereinfluss auf den Energieverbrauch | je nach Nutzeranzahl und Nutzerverhalten | | | | | | |
| Schallschutz gegenüber Außenlärm | Ausnahme: Hamburger Fenster | Ausnahme: Hamburger Fenster | Ausnahme: Hamburger Fenster | Ausnahme: Hamburger Fenster | | | |
| Nutzbar für Sommerlüftung, Entspeicherung über LtM | | | | | Anrechenbar bei entsprechender Auslegung | Anrechenbar bei entsprechender Auslegung | Anrechenbar bei entsprechender Auslegung |
| Brandschutz | | | | Brandabschnitt übergreifend oder wohnungsweise | Brandabschnitt übergreifend oder wohnungsweise | | Brandabschnitt übergreifend oder wohnungsweise |
| Mehrinvestition gegenüber Fenster | | Mehrkosten für ALD | Mehrkosten für ALD | Mehrkosten für ALD | | | |
| Wartung | | Mehrkosten Wartung ALD | Schacht und ALD | Ventilatoren, Strang und ALD | Ventilatoren, Strang und ALD | Lüftungsgeräte | Lüftungsgerät und Luftleitungen |
| Instandhaltung und Lebensdauer | | | | Ventilatoren | Ventilatoren | Lüftungsgeräte | Lüftungsgeräte |
| Schallschutz innen | | Raumluftverbund | Raumluftverbund | Raumluftverbund und Ventilator | Raumluftverbund und Ventilator | Lüftungsgerät im Raum | Raumluftverbund |
| Möglichkeit der Luftfilterung | | | | | | | |
| Kombinierbar mit Fensterlüftung | entfällt | obligatorisch | obligatorisch | obligatorisch | möglich | möglich | möglich |
| Thermische Konditionierung der Zuluft im Winter | | | | | | | |
| Thermischer Komfort im Winter | | | | | abhängig von Anordnung der Wärmeübergabe und individuellen Nutzerwahrnehmung | abhängig von der Temperatur der Zuluft | abhängig von der Temperatur der Zuluft |
| Thermischer Komfort im Sommer über Fensterlüftung | | | | | | | |

Tabelle 58: Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Lüftungssystems - vorteilhaft , neutral , nachteilig

Lüftung zum Feuchteschutz / Bautenschutz

Notwendige Lüftung zur Abfuhr von inneren Feuchtelasten (kann auch Neubaufeuchte beinhalten).

Hygienische Lüftung / Abfuhr von Schadstoffen

Notwendige Lüftung zur Sicherstellung der Raumluftqualität (Abfuhr von Schadstoffen wie z.B. CO₂, Gerüche, VOC)

Nutzunabhängiger Luftaustausch

Funktioniert das Lüftungssystem ohne Nutzereinfluss? Werden die benötigten Luftvolumenströme nutzerunabhängig erreicht?

Energetische Bewertung im öffentlich-rechtlichen Nachweis

Ergeben sich mit diesem Lüftungssystem mehr oder weniger rechnerische Lüftungswärmeverluste?

Nutzereinfluss auf den Energieverbrauch

Dieses ist sehr von Nutzern und ihrem Lüftungs- und Heizverhalten abhängig. Aus diesem Grund kann der Energieverbrauch sehr stark vom rechnerischen Energiebedarf (positiv wie negativ) abweichen.

Schallschutz gegenüber Außenlärm

Wie ist das Lüftungssystem im Hinblick auf den Schalleintrag von außen zu bewerten?

Nutzbar für Sommerlüftung, Entspeicherung

Können mit dem Lüftungssystem im Sommer Wärmelasten abgeführt werden?

Brandschutz

Sind mit dem Lüftungssystem Brandschutzanforderungen zu erfüllen?

Mehrinvestition gegenüber Fenster

Muss im Vergleich zum ausschließlichen Lüftungssystem über Fenster mehr investiert werden?

Wartung

Ergeben sich gegenüber einer ausschließlichen Fensterlüftung Mehrkosten für die Wartung?

Instandhaltung und Lebensdauer

Ergeben sich gegenüber einer ausschließlichen Fensterlüftung Mehrkosten für die Instandhaltung?

Schallschutz innen

Wie ist das Lüftungssystem im Hinblick auf den inneren Schalleintrag und die Schallweiterleitung zu bewerten?

Möglichkeit der Luftfilterung

Ist mit dem Lüftungssystem eine Filterung der Außenluft möglich?

Kombinierbar mit Fensterlüftung

Kann oder muss das Lüftungssystem mit einer Fensterlüftung kombiniert werden?

Thermische Konditionierung der Zuluft im Winter

Erfolgt direkt durch das Lüftungssystem eine Erwärmung der Außenluft?

Thermischer Komfort im Winter

Welchen Einfluss hat das Lüftungssystem während des Lüftungsvorgangs auf den thermischen Komfort im Winter?

Thermischer Komfort im Sommer

Ausgegangen wird hier davon, dass eine ausreichende Lüftung zur Abfuhr der Wärmelasten im Sommer über die Fenster erfolgt.



Abbildung 73: Lüften über Fenster ist im Neu- wie im Altbau eine vollumfängliche Option

8 Fazit

8.1 Grundlagen der Lüftung

Anlässe fürs Lüften in Wohnungen sind:

- A) Hygiene
- B) Feuchtigkeitsabfuhr
- C) Abfuhr von Wärme im Sommer und
- D) Zufuhr von Verbrennungsluft.

Diese Anlässe sind in folgenden (auch gesetzlichen) Regelungen adressiert:

- Landesbauordnungen,
- Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen der Länder,
- Gebäudeenergiegesetz im Zusammenhang mit dem sommerlichen Wärmeschutz- nachweis gemäß DIN 4108-2,
- Feuerungsstätten Verordnung,
- technische Regeln für Gasinstallationen.

Zur Auslegung der Lüftung stehen verschiedene Bemessungsalgorithmen zur Verfügung.

Es sind dies:

- Ingenieurmäßiger Berechnungsansatz, der Lüftungsbedarf wird aus Nutzung und bau- lichen Randbedingungen abgeleitet
- DIN 1946-6 Raumlufttechnik - Lüftung von Wohnungen
- DIN / TS 4108-8 Wärmeschutz und Energie-Einsparung von Gebäuden - Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden
- DIN EN 16798-1 Energieeffizienz von Gebäuden - Eingangsparameter für das Raum- klima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden Raumluft- qualität, Temperatur, Licht und Akustik
- DIN EN 16798-7 Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnungsmethoden zur Bestim- mung der Luftvolumenströme in Gebäuden inklusive Infiltration
- Passivhaus Projektierungspaket (PHPP)

A) Hygiene

In Wohngebäuden ist zur Abfuhr von Kohlendioxid, Gerüchen, flüchtigen organischen Be- standteilen aus Baustoffen, Mobiliar, mikrobiologischen Prozessen, Radon, Viren usw. auf einen ausreichenden Luftwechsel zu achten.

Aus Sichtweise der Landesbauordnungen ergibt sich, dass Räume mit entsprechend gro- ßen Fenstern als ausreichend belüftbar gelten können, nur für fensterlose Küchen, Bäder und Toilettenräume wird dafür eine apparative Lüftung notwendig. In den „Verwaltungs- schriften Technische Baubestimmungen“ (VVTB) [39] wird in Bezug auf die Lüftung fens- terloser Räume auf die „*Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräumen in Wohnungen*“ verwiesen. Nur für diese fensterlosen Räume werden konkrete Volumenströme vorgegeben, die apparativ sicherzustellen sind.

In Bezug auf den Wärmeschutz in Gebäuden wird dort auf die „*DIN 4108 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden*“ verwiesen. Auch der Mindestwärmeschutz sieht einen aus Gründen der Hygiene, der Begrenzung der Raumluftfeuchte sowie gegebenen- falls der Zuführung von Verbrennungsluft ausreichenden Luftwechsel vor.

B) Feuchte

Im Hinblick auf die Feuchtefreisetzung in Innenräumen müssen zwei Ursachengruppen differenziert werden. Quellen sind:

- die nutzerbedingte Feuchtequellen aus Lebens- und Wohnprozessen (Atmen, Transpiration, Duschen, Wäschetrocknung, Kochen usw.)
- die nutzerunabhängigen Feuchtequellen aus den klimatischen Einflüssen während des Bauens und dem Wasseranteil für die Herstellung und Verarbeitung von Baustoffen wie Innenputzen, Estrichen und Betonen oder auch auf Grund von Bauschäden

Während Feuchtigkeit aus Bauprozessen je nach Heiz- und Lüftungsverhalten nach einer gewissen Zeit abklingt, sind die nutzungsbedingten Feuchtelasten wiederkehrend. In Abhängigkeit der durch die Nutzung eingetragenen Feuchtelasten, dem Raumvolumen und der Raumlufttemperatur ergibt sich der Feuchtegehalt der Raumluft. Ein hoher Feuchtegehalt der Raumluft kann in Abhängigkeit von der Bauteiloberflächentemperatur zu einer Auffeuchtung der an die Raumluft angrenzenden Bauteilschichten führen.

Feuchtelasten werden in Abhängigkeit des Feuchtegehalts der Außenluft durch einen Luftaustausch der Raumluft nach außen abgeführt. Die dafür notwendige Lüftung hängt von den Feuchteeinträgen durch die Nutzung ab. Im Hinblick auf den Luftwechsel verweist die DIN 4108-2 auf den DIN Fachbericht 4108-8. Hier heißt es: „*Der Fachbericht ist im Zusammenhang mit der DIN-Normenreihe 4108 anzuwenden, insbesondere mit den in DIN 4108-2 beschriebenen Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz.*“ In der überarbeiteten Fassung wird der Fachbericht nun als DIN / TS 4108-8 veröffentlicht werden.

DIN/TS 4108-8 gibt dazu einerseits Hinweise wie diese Feuchte sinnvoll über eine (diskontinuierliche) Lüftung über Fenster abgeführt werden kann, andererseits wird auch eine kontinuierliche Lüftung zur Feuchteabfuhr über apparative Lüftungssysteme beschrieben. Für eine kontinuierliche Lüftung zur Feuchteabfuhr unter angenommenen Standardrandbedingungen wird auf die DIN 1946-6 verwiesen.

C) Sommerliche Wärmeabfuhr

In DIN 4108-2 werden im Abschnitt 8 Verfahren für die Überprüfung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz beschrieben. Eine wesentliche Einflussgröße zur Begrenzung sommerlicher Innentemperaturen stellt die erhöhte oder hohe Nachtlüftung dar. Diese kann entweder über Fenster oder entsprechend ausgelegte, apparative Volumenströme sichergestellt werden.

D) Zufuhr von Verbrennungsluft

Zur Beheizung von Räumen werden heute immer noch raumluftabhängige, gasbefeuerte Thermen verwendet. Entsprechende gesetzliche Vorgaben für die Zuführung von Verbrennungsluft über Türen oder Fenster, bzw. ins Freie führende Öffnung die enthalten die Feuerstätten Verordnung und die Technische Richtlinie für Gasinstallation.

Über die genannten Aspekte Hygiene, Feuchtigkeitsabfuhr, Abfuhr von Wärme im Sommer und Zufuhr von Verbrennungsluft, die bei der Lüftung zu berücksichtigen sind, können weitere Kriterien hinzukommen. Beispielhaft seien hier Lebenszyklusbewertungen oder Ökobilanzierungen (Energieaufwand bei der Herstellung, dem Recycling usw.) zu nennen.

8.2 Lüftung – Empfehlungen zur Umsetzung

Für die Umsetzung der o.a. Anlässe und die Erfüllung der o.a. öffentlich-rechtlichen Regelungen stehen unterschiedliche Lüftungssysteme zur Verfügung (Beispiele siehe *Abchnitt 6*)

- Fenster,
- Fenster + ALD,
- Fenster + Schachtlüftung (unveränderter Bestand),
- Fenster + Entlüftungssystem bei fensterlosen Bädern, Küchen und Toiletten,
- Abluftsystem + Fenster oder
- Zuluft-/ Abluftsystem (zentral oder dezentral) + Fenster.

Den gesamten Wohnungsbestand betrachtet, weist heutzutage die Fensterlüftung mit deutlichem Abstand die größte Verbreitung auf. Bei Bestandssanierung und Neubau stellt sich aber regelmäßig die Frage, welches Lüftungssystem gewählt werden sollte. Es gibt jedoch nicht das Lüftungssystem, welches allgemein gültig empfohlen werden kann, aber es kann auf der anderen Seite auch keinem Lüftungssystem seine Eignung abgesprochen werden:

Zur Gewährleistung des notwendigen Luftaustauschs können sämtliche vorgenannten Lüftungssysteme zur Anwendung kommen.

Aus diesen Gründen kann die Auswahl anhand verschiedener Parameter getroffen werden. In *Tabelle 58* sind diese als Vor- und Nachteile angesprochen:

- Lüftung zum Feuchteschutz / Bautenschutz
- Hygienische Lüftung / Abfuhr von Schadstoffen
- Nutzunabhängiger Luftaustausch
- Energetische Bewertung im öffentlich-rechtlichen Nachweis
- Nutzereinfluss auf den Energieverbrauch
- Schallschutz gegenüber Außenlärm
- Nutzbar für Sommerlüftung, Entspeicherung
- Brandschutz
- Mehrinvestition gegenüber Fenster
- Wartung
- Instandhaltung und Lebensdauer
- Schallschutz innen
- Möglichkeit der Luftfilterung
- Kombinierbar mit Fensterlüftung
- Thermische Konditionierung der Zuluft im Winter
- Thermischer Komfort im Winter
- Thermischer Komfort im Sommer

Wesentlich bei der Auswahl des Lüftungssystems ist es, mit dem Besteller die Anforderungen, die eine Lüftung erfüllen soll, unter Beachtung gesetzlicher Regelungen festzulegen. Dazu gilt es über die Vor- und Nachteile der zur Verfügung stehenden Lüftungssysteme zu informieren und näher zu erläutern (Eigenschaften, Folgen und Risiken des jeweiligen Lüftungssystems benennen), um auf diese Weise den Besteller entscheidungsfähig zu machen.

Die Entscheidung für oder gegen ein System obliegt dem Besteller.

Abschnitt B: Juristischer Teil

1 Ausgangslage und Gegenstand der rechtlichen Stellungnahme

Sind bei Neuerrichtung und Sanierung von Gebäuden zwingend lüftungstechnische Maßnahmen³ (nachfolgend: LtM) zu planen? Oder ist trotz des energieeinsparrechtlichen Gebots dichter Bauweisen die „tradierte“ Lüftungsart der Fensterlüftung nicht nur erlaubt, sondern sogar - in Abhängigkeit von jeweiligen Nutzungsrandbedingungen – in technischer und/oder wirtschaftlicher Hinsicht vorzugswürdig?

Diese Fragen stellen sich Planer, Sachverständige, Bauausführende und Auftraggeber seit geraumer Zeit. Hintergrund dieser Planungs- und Rechtsunsicherheit ist, dass sich aus Perspektive der Baubeteiligten weder aus den öffentlich-rechtlichen Rahmenbedingungen noch aus einschlägigen technischen Regelwerken in ihrer Gesamtschau eindeutige Handlungsanweisungen für die hier im Raum stehende Planungsaufgabe der „Erstellung von Lüftungskonzepten“ ergeben.

Vielmehr ist im Ergebnis des technischen Teils zu konstatieren, dass keines der für die Erstellung von Lüftungskonzepten zur Verfügung stehenden Nachweisverfahren (vgl. T Ziff. 5) ein in sich konsistentes, schlüssiges Regelwerk darstellt, welches alle Aspekte der Lüftung vollumfänglich abbildet.

In der Folge dieses als „**regelungstechnisches Vakuum**“ wahrgenommenen Zustandes haben sich diverse Auffassungen in den Köpfen Baubeteiligter festgesetzt – so unter anderen die Überzeugung, dass lüftungstechnische Maßnahmen in Folge „dichter“ Bauweisen bzw. diese befördernde Einzelmaßnahmen (v.a. Fensteraustausch) unumgänglich seien. Nicht selten wird argumentiert, dass die in Folge dichter Bauweisen notwendigen Luftwechsel nicht länger vom „Nutzer“ überhaupt bewältigt werden könnten bzw. das zur Schadensvermeidung erforderlich Lüftungsverhalten diesen nicht „zumutbar“⁴ sei.

Daher – so die Schlussfolgerung – könne und müsse der zur Schadensvermeidung, d.h. insbesondere der zum Feuchteschutz notwendige Mindestluftwechsel „nutzerunabhängig“ mittels lüftungstechnischer Maßnahmen sichergestellt werden. Und – so die Befürchtung zahlreicher Akteure – nur auf dieses Weise könne etwaigen Feuchte-/Schimmelschäden und damit auch potenziellen Haftungsrisiken wirksam vorgebeugt werden.

Diese Situation war und ist die Motivation für die vorliegende Studie und somit Ausgangspunkt für die juristische Stellungnahme.

Technischer Sachverhalt

Im Ergebnis des technischen Teils der Studie stehen bei der Erstellung von Lüftungskonzepten **unterschiedliche Nachweisverfahren** für die Ermittlung des notwendigen Außenluftvolumenstroms (nachfolgend: Luftwechsel) zur Verfügung (vgl. T Ziff. 5). Hiernach kann der zum Feuchteschutz sowie sonstiger Zwecke (Gesundheit/ Hygiene, Zufuhr von Verbrennungsluft, sommerlicher Wärmeschutz – siehe dazu T Ziff. 3, Ziff. 2.) erforderliche Luftwechsel auf verschiedene Weise planerisch ermittelt werden. Aus der Darstellung der in Betracht kommenden Nachweisverfahren und den korrespondierenden Berechnungsbeispielen (vgl. T Ziff. 6) wird für den adressierten Planer ersichtlich, dass sich diese Nach-

³ Der Begriff umfasst in Übereinstimmung mit dem Technischen Teil bzw. dessen Verständnis im Normkontext (siehe z.B. nach DIN 1946-6:2019-12, siehe T Ziff. 5.6) sowohl ventilatorgestützte als auch mechanische Lüftungssysteme. Zu beachten ist, dass die sog. „freie Lüftung“ als ein mechanisches Lüftungssystem nicht mit der Fensterlüftung zu verwechseln ist.

⁴ Der Begriff des „rechtlich zumutbaren“ Wohnverhaltens entstammt der im Rahmen von Mietverhältnissen vorzunehmenden Interessenabwägung zur Beantwortung der Frage, welches Verhalten von Mietern bzgl. Lüften, Heizen, Möblierung u.a. erwartet werden darf. Im Bauvertragsrecht hat dieser Begriff daher zwar für die Mängelbeurteilung keine unmittelbare Relevanz. Gleichwohl schließt sich unter dem Aspekt der Notwendigkeit zur „(planerischen) Befassung mit den Nutzungsrandbedingungen“ – und damit mit dem Nutzer – der Kreis zwischen der bauvertraglichen Rechtslage und den etwaigen Folgen für das Mietrechtsverhältnis; siehe dazu eingehend Ziff. 3.

weisverfahren hinsichtlich der zugrunde gelegten rechnerischen Randbindungen voneinander unterscheiden. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die Möglichkeit, die Nutzungsbedingungen rechnerisch zu detaillieren und sich auf diese Weise planerisch den „einzel-fallbezogenen“ Nutzungsanforderungen anzunähern.

Des Weiteren ergibt sich für den Planer aus diesem technischen Sachverhalt, dass sich die zum Nachweis -insbesondere der Lüftung zum Feuchteschutz - in Betracht kommenden Verfahren durch die Berücksichtigung bzw. Außerachtlassung der Lüftungsart „Fensterlüftung“ voneinander unterscheiden. Auf dieser Grundlage wird für den Planer nachvollziehbar, dass schon die „**Wahl des Nachweisverfahrens**“ von Bedeutung ist für das **Spektrum der dann auf dieser Grundlage technisch in Betracht kommenden „Lüftungssysteme“**. Denn so bietet bspw. das Nachweisverfahren nach der DIN 1946-6:2019-12 (nachfolgend: DIN 1946-6) ausschließlich die Möglichkeit der „nutzerunabhängigen“ Lüftung zum Feuchteschutz – entweder über „ausreichende“ Infiltration (zu den Risiken aus technischer Sicht siehe T Ziff. 3.3) oder aber mittels LtM.

Auf Grundlage dieses technischen Sachverhalts wird für den Planer sodann transparent, dass ein zum Feuchteschutz sowie sonstiger Zwecke taugliches **Lüftungssystem** sowohl „**ausschließlich**“ auf der „**Lüftungsart Fensterlüftung**“ beruhen wie **auch auf LtM** oder aber auch durch **Kombination dieser Lüftungsarten** bewerkstelligt werden kann. Den technischen Darstellungen ist des Weiteren zu entnehmen, welche Eigenschaften (Vor- und Nachteile (technisch/ wirtschaftlich), Zielkonflikte, energieeinsparrechtliche Aspekte u.a.) mit den jeweiligen Lüftungssystemen einhergehen können (siehe dazu T Ziff. 6). Diese Ergebnisse finden sich sodann gebündelt in der „**Entscheidungsmatrix**“ (T Ziff. 7).

Resultierende Rechtsfragen

Im Ergebnis dieser „technischen Ausgangsbedingungen“ stellt sich aus Perspektive des Planers damit die Frage, wie die mit der Wahl unterschiedlicher Nachweisverfahren und korrespondierend in Betracht kommender verschiedener Lüftungssysteme etwaig einhergehenden Unwägbarkeiten vertragsrechtlich rechtssicher gehandhabt werden können. Denn aus Sicht von Auftraggebern können sich diese als potenzielle technische und/ oder wirtschaftliche Risiken darstellen.

In der Zusammenschau der soeben dargestellten Ausgangslage und resultierender Themenkreise ergeben sich folgende zu beantwortenden Fragestellungen

aus öffentlich-rechtlicher Sicht:

- Ergeben sich aus öffentlich-rechtlichen Regelungen, insbesondere dem Bauordnungsrecht, Hinweise darauf wie bzw. unter Beachtung welcher Gesichtspunkte der zum Feuchteschutz sowie sonstiger Zwecke notwendige Luftwechsel zu ermitteln ist? Hier geht es damit um die Frage, ob insbesondere das Bauordnungsrecht Aussagen zum Nachweisverfahren trifft.
- Ergibt sich aus dem öffentlichen Recht ein „Zwang“ zur Planung lüftungsanlagentechnischer Maßnahmen (nachfolgend: LtM)? Sind LtM „gesetzlich angeordnet“?
- Fordert das öffentliche Recht die Einhaltung bestimmter Luftwechselraten (v.a. zum Feuchteschutz) oder sonstiger zwingend einzuhalten (stationärer/ pauschalierter) Randbedingungen?
- Ergeben sich aus den bauordnungsrechtlichen und normativ in Bezug genommenen Regelungen (hier v.a. der DIN 4108-2) Hinweise bzw. Planungsempfehlungen für die Ermittlung notwendiger Luftwechsel?

aus bauvertragsrechtlicher Sicht:

- Welche Vertrags-/ Leistungspflichten können sich aus der Planungsaufgabe „Erstellung Lüftungskonzept“ ergeben? Insbesondere:

- Was ist Inhalt des „Erfolgsversprechens“? Nach welchen Kriterien ist die „Mangelfreiheit“ von Lüftungskonzepten zu prüfen?
- Welche Aufklärungs- und Beratungspflichten können aus der Planungsaufgabe ergeben? Wie können diese Vertragspflichten rechtssicher gehandhabt werden?
- Was schuldet ein Planer, „auch wenn nichts vereinbart ist“?
- Welche Haftungsrisiken können sich bei Erstellung von Lüftungskonzepten ergeben?
- Welche vertragsrechtliche Bedeutung haben technische Normen (DIN 1946-6, DIN/TS 4108-8 u.a.)?

aus mietvertragsrechtlicher Sicht:

- Welche Folgen können sich aus der dargestellten Rechtslage für das Mietrechtsverhältnis – insbesondere für den Vermieter - ergeben?

Gang der Darstellung

Der erste Teil des Beitrags (**Ziff. 2.1**) gibt daher zunächst auf Grundlage und im Ergebnis des technischen Teils (T Ziff. 3.2.) einen **Überblick über die bauordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen** und den aus Sicht des Gesetzgebers im Rahmen der Nachweisführung insoweit bedeutsamen Kriterien. Hier geht es insbesondere um die für den Planer erkennbaren Hinweise und etwaigen Planungsempfehlungen zur Sicherstellung der Lüftung zum Feuchteschutz (T Ziff. 3.2.4). Hierbei resümiert der juristische Teil, welche Aussagen sich aus dem Bauordnungsrecht für den Normadressaten ergeben und welche etwaige vertragsrechtliche Bedeutung diese Inhalte für die Bestimmung der „Sollbeschaffenheit“ von Lüftungskonzepten im Kontext der Vertragsauslegung haben können (Ziff. 2.1.3 sowie des Weiteren Ziff. 2.3.4 und Ziff. 2.4.3).

Im Mittelpunkt des nachfolgenden Teils (**Ziff. 2.2**) stehen sodann die aus vertragsrechtlicher Sicht relevanten Aspekte, wobei die **Beantwortung der o.g. Fragen sich aus der juristischen Darstellung als Ganzes ergibt**.

Ausgangspunkt der rechtlichen Stellungnahme sind dabei die werkvertragsrechtlichen Grundlagen zum „Inhalt der Erfolgshaftung“ und sog. „**funktionalen Mangelbegriff**“ (Ziff. 2.2.1ff.). Im Ergebnis der hier einschlägigen Rechtsprechung folgen erste wichtige Schlussfolgerungen zur Beantwortung o.g. Rechtsfragen (Ziff. 2.2.5).

Daran schließt sich die Darstellung der aus Sicht des Werkunternehmers äußerst bedeutsamen **Anforderungen an „haftungsbefreiende“ Aufklärungs- und Beratungsleistungen (Ziff. 2.3)**. Im Kern geht es hier um ein für Planer und Bauausführende gleichermaßen relevantes „Steuerungsinstrument“ für die vertragliche Risikoverteilung und damit um eine wirksame Haftungskontrolle bei Erstellung von Lüftungskonzepten (Ziff. 2.3.4).

Zur weiteren Beantwortung der Frage „Was schuldet ein Planer, auch wenn nichts vereinbart ist?“ befasst sich der Beitrag im nächsten Schritt (**Ziff. 2.4**) mit den rechtlichen Kategorien zur **Konkretisierung der „gewöhnlichen Verwendungseignung“** (3. Stufe Mangelbegriff) durch die „anerkannten Regeln der Technik“ im Sinne des Zivilrechts (nachfolgend: aRdT). Dies führt zur weiteren Thematik der vertragsrechtlichen Bedeutung Technischer Regelwerke (nachfolgend: TR) /DIN-Normen im Rahmen der Bestimmung der aRdT (Ziff. 2.4.2.).

Ersichtlich wird, dass in Anbetracht der Existenz verschiedener Nachweisverfahren (DIN/TS 4108-8, DIN 1946-6 u.a., vgl. T Ziff. 5) und deren „ungewissen rechtlichen Status“ (aRdT – ja oder nein?) sich Planungs- und damit auch Rechtsunsicherheiten ergeben können. Diese im Streit- und Einzelfall vom Richter aufgrund sachverständiger Feststellungen zu beantwortende Frage (vgl. Ziff. 2.4.2) kann und soll selbstredend nicht in dieser Studie beantwortet werden.

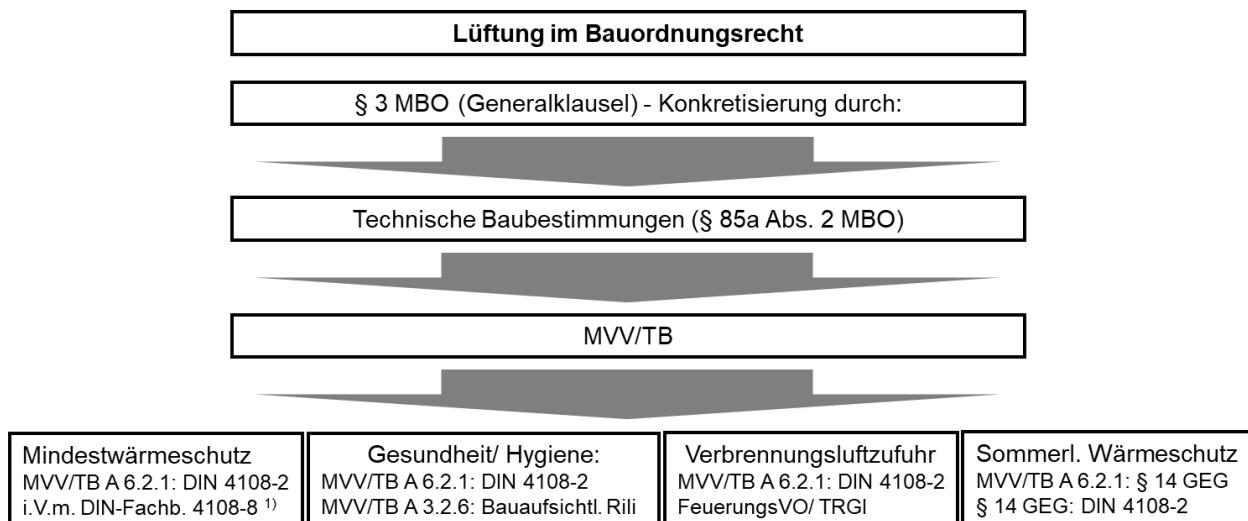
Da die hier skizzierte Thematik zudem häufig in der „verkürzten“ Debatte mündet, ob ein Norminhalt „anerkannte Regel der Technik“ ist, befasst sich die Studie gleichwohl mit der hier aus technischer und rechtlicher Sicht maßgeblichen Frage: **Wie können die aus dem „ungewissen rechtlichen Status technischer Regelwerke“ potenziell resultierenden Risiken – mithin Planungs- und resultierende Rechtsunsicherheiten - „pragmatisch“ von den Baubeteiligten adressiert werden?** (Ziff. 2.4.3)

2 Bauvertragliche Rahmenbedingungen und haftungsrelevante Aspekte bei Erstellung von Lüftungskonzepten

2.1 Bauordnungsrechtliche Rahmenbedingungen für die Erstellung von Lüftungskonzepten

Die Einhaltung bauordnungsrechtlicher Anforderungen ist immer auch Bestandteil des vertragsrechtlichen Leistungsversprechens. Daher ist zunächst zu prüfen, ob sich aus dem öffentlichen Recht, hier insbesondere dem Bauordnungsrecht, Anforderungen für die Erstellung von Lüftungskonzepten ergeben oder Vorgaben bezüglich bestimmter Lüftungssysteme existieren.

Im Ergebnis des technischen Teils (T Ziff. 3.2.) und zur Beantwortung der o.g. Rechtsfragen sind die in Abbildung 74 dargestellten Regelungen von Bedeutung für die Erstellung von Lüftungskonzepten (nachfolgend: LK):



¹⁾ DIN Fachbericht 4108-8 wurde zwischenzeitlich überarbeitet und wird 2021 als DIN / TS 4108-8 veröffentlicht

Abbildung 74: Lüftung im Bauordnungsrecht (siehe auch T Ziff. 3.2)

2.1.1 Technischer Sachverhalt – Regelungsinhalte mit Relevanz für die Erstellung von Lüftungskonzepten

Wie dem Schaubild zu entnehmen ist, ist die sog. „Generalklausel“ Ausgangspunkt für die Ableitung bauordnungsrechtlicher Pflichtenkreise. Danach sind „Anlagen [...] so anzurichten, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden [...].“ (§ 3 Musterbauordnung – nachfolgend: MBO⁵).

Zur Verwirklichung der hier genannten Schutzgüter sieht das Bauordnungsrecht sodann – neben den gesetzlichen Konkretisierungen in den jeweiligen Landesbauordnungen selbst - zum einen die Möglichkeit zum Erlass von Rechtsverordnungen durch die oberste Bauaufsicht vor (§ 85 MBO), zum anderen deren Konkretisierung durch Technische Baubestimmungen (§ 85a MBO) vor. Im letzteren Fall können „die Konkretisierungen durch Bezugnahmen auf technische Regeln und deren Fundstellen [...] erfolgen.“ (§ 85a Abs. 2 MBO).

Im Hinblick auf die hier interessierenden Aussagen zur Wohnungslüftung erfolgt in der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (nachfolgend: MVV/TB)⁶ eine Konkretisierung der Schutzgüter „öffentliche Sicherheit und Ordnung“ - unter dem Aspekt des Bautenschutzes (siehe T Ziff. 4) - sowie „Gesundheit“ - unter dem Aspekt hygienischer raumklimatischer Verhältnisse - durch Inbezugnahme der technischen Regel **DIN 4108-2: 2013-02 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden“**. Eine solchermaßen in Bezug genommene - d.h. in das Bauordnungsrecht „eingeführte“ - technische Norm wird auf Grundlage dieses gesetzgeberischen Willens zum **Bestandteil des Bauordnungsrechts** (Inkorporation – „Einverleibung“) und ist aus diesem Grund vom Normadressaten zwingend zu beachten.

Entsprechend der Neugliederung des Bauordnungsrechtes in Anlehnung an die „Grundanforderungen an Bauwerke“ nach der Bauproduktenverordnung⁷ (siehe Anhang I) findet sich diese Konkretisierung in der MVV/TB unter der Grundanforderung „Energieeinsparung und Wärmeschutz“⁸ in Abschnitt **A 6.2.1**.

Des Weiteren wird unter der Grundanforderung „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“⁹ in Abschnitt 3 der MVV/TB auf die „**Bauaufsichtliche Richtlinie für fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten**“ verwiesen.

⁵ Musterbauordnung – MBO – Fassung November 2002 zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 27.9.2019, www.bauministerkonferenz.de

⁶ Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Ausgabe 2020/1 – Internetrecherche 26.03.2021: https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Technische_Bestimmungen/MVVTB_2020-1.pdf

⁷ Bauproduktenverordnung- der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates

⁸ Siehe BauPVO, Anhang 1, Ziff. 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz - „Das Bauwerk und seine Anlagen und Einrichtungen für Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Lüftung müssen derart entworfen und ausgeführt sein, dass unter Berücksichtigung der Nutzer und der klimatischen Gegebenheiten des Standortes der Energieverbrauch bei seiner Nutzung geringgehalten wird. Das Bauwerk muss außerdem energieeffizient sein und während seines Auf- und Rückbaus möglichst wenig Energie verbrauchen.“

⁹ Siehe BauPVO, Anhang 1, Ziff. 3 Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz - Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass es während seines gesamten Lebenszyklus weder die Hygiene noch die Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmern, Bewohnern oder Anwohnern gefährdet und sich über seine gesamte Lebensdauer hinweg weder bei Errichtung noch bei Nutzung oder Abriss insbesondere durch folgende Einflüsse übermäßig stark auf die Umweltqualität oder das Klima auswirkt:

- a) Freisetzung giftiger Gase;
- b) Emission von gefährlichen Stoffen, flüchtigen organischen Verbindungen, Treibhausgasen oder gefährlichen Partikeln in die Innen- oder Außenluft;
- c) Emission gefährlicher Strahlen;
- d) Freisetzung gefährlicher Stoffe in Grundwasser, Meeressgewässer, Oberflächengewässer oder Boden;
- e) Freisetzung gefährlicher Stoffe in das Trinkwasser oder von Stoffen, die sich auf andere Weise negativ auf das Trinkwasser auswirken;
- f) unsachgemäße Ableitung von Abwasser, Emission von Abgasen oder unsachgemäße Beseitigung von festem oder flüssigem Abfall;
- g) Feuchtigkeit in Teilen des Bauwerks und auf Oberflächen im Bauwerk.

In den beiden genannten technischen Regelwerken finden sich sodann weitere Hinweise zur Lüftung bzw. deren Bedeutung für die Sicherstellung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele.

So wird für fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten angeordnet, „dass [diese] unmittelbar durch eine mechanische Lüftungsanlage entlüftet werden können und eine Zuluftversorgung haben.“ (MVV/TB **A 3.2.6**)

DIN 4108-2:2013-02 konkretisiert in **Ziff. 3.1.6** die Zielsetzung des winterlichen Mindestwärmschutzes dahingehend, „dass an jeder Stelle der Innenoberfläche der wärmeübertragenden Umfassungsfläche bei **ausreichender Beheizung und Lüftung** unter Zugrundelegung **üblicher Nutzung** und unter den in dieser Norm angegebenen Randbedingungen - ein hygienisches Raumklima sicher[ge]stellt [ist], so dass Tauwassersfreiheit und Schimmel- und Pilzfreiheit an Innenoberflächen von Außenbauteilen im Ganzen und in Kanten und Ecken gegeben sind. [...]“ (vgl. T, Ziff. 4.1)

Im Kontext der Nachweisführung finden sich sodann Aussagen zu den planerisch zugrunde zu legenden (stationären) klimatischen und nutzungsbedingten Randbedingungen (Außen- und Innentemperaturen, relativer Luftfeuchte); in diesem Zusammenhang geben die Normverfasser den Hinweis: „Für abweichende Nutzungsrandbedingungen sind die erforderlichen Maßnahmen anhand des Raumklimas festzulegen.“ (DIN 4108:2013-02, Ziff. 6.3; siehe dazu T Ziff. 4.1).

Schließlich findet sich in **Ziff. 4.2.3 (4108-2:2013-02)** ein weiterer normativer Hinweis zur Konkretisierung, d.h. zur planerischen Handhabung bzw. Sicherstellung der bereits in Ziff. 3.1.6. angesprochenen „**ausreichenden Belüftung**“ – dort heißt es unter „Hinweise zur Luftdichtheit von Außenbauteilen und zum Mindestluftwechsel: [...] Auf ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen der **Hygiene**, der **Begrenzung der Raumluftfeuchte** sowie gegebenenfalls der **Zuführung von Verbrennungsluft** nach bauaufsichtlichen Vorschriften (z. B. Feueranlagenverordnungen der Bundesländer) zu achten. ANMERKUNG Hinweise zu Luftwechseln enthält DIN-Fachbericht 4108-8.“

Bis zur Ablösung der DIN 4108-2: 2003-07¹⁰ durch die Neufassung im Jahr 2013 war dieser Mindestluftwechsel noch an eine statische Zahl von $0,5 \text{ h}^{-1}$ gekoppelt und entsprechende Planungshinweise konnten aus den damals gültigen DIN 1946-2 und 1946-6 entnommen werden. (T Ziff. 4.1).

Der aktuell in **Ziff. 4.2.3 (4108-2:2013-02)** erwähnte DIN-Fachbericht 4108-8 ist zwischenzeitlich überarbeitet worden und steht kurz vor der Veröffentlichung als **DIN/ TS 4108-8**. Diese Technische Regel enthält nunmehr (im nationalen Rahmen) erstmals veröffentlichte **Rechenalgorithmen zur Fensterlüftung zur ingenieurmäßigen Berechnung notwendiger Luftwechsel zur Schimmelvermeidung**, die jedoch auch zum Nachweis hygienisch notwendiger Luftwechsel herangezogen werden können (T Ziff. 4.1.). Ebenso eignen sich die Rechenalgorithmen zur Ermittlung erhöhter/hoher Luftwechsel für den sommerlichen Wärmeschutz (ebenda).

¹⁰ DIN 4108-2: 2003-07 Ziff. 4.2.3 Hinweise zur Luftdichtheit von Außenbauteilen und zum Mindestluftwechsel - Auf ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen der Hygiene, der Begrenzung der Raumluftfeuchte sowie ggf. der Zuführung von Verbrennungsluft nach bauaufsichtlichen Vorschriften (z.B. Feueranlagenverordnungen der Bundesländer) zu achten.

Dies ist in der Regel der Fall, wenn während der Heizperiode ein auf das Luftvolumen innerhalb der Systemgrenze bezogener durchschnittlicher Luftwechsel von $0,5 \text{ h}^{-1}$ bei der Planung sichergestellt wird. ANMERKUNG Hinweise zur Planung entsprechender Maßnahmen enthalten DIN EN 13779 und DIN 1946-6.

2.1.2 Aussagen zur Wohnungslüftung im Bauordnungsrecht aus Sicht des Normadressaten

Im Ergebnis des Technischen Teils sind die genannten normativen Inhalte der DIN 4108-02:2013-02 (Ziff. 3.1.6, 6.2.3) aus der Perspektive des Normadressaten dahingehend zu verstehen (siehe T Ziff. 4.1.), dass

- die Begriffe „ausreichende Lüftung/ Beheizung“ und „übliche Nutzung“ im Normkontext nicht losgelöst vom klimatischen Einzelfall betrachtet werden können, sondern nur unter Zugrundelegung der bauphysikalischen Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren und der Entstehung bzw. Vermeidung von Schimmelpilz planerisch „sinnvoll“ erfasst werden können.
- hiernach sich „eine notwendige Oberflächentemperatur zur Vermeidung von Schimmelwachstum daher nicht ohne Kenntnis des Innenklimas (= Temperatur und relative Feuchte der Luft innen) ableiten lässt.“
- „die klimatischen Randbedingungen für den Nachweis im Einzelfall in Abhängigkeit von den konkreten Nutzungsrandbedingungen anzupassen sind“
- „sich hieraus in der Planung die Aufgabe ergibt, diese Randbedingungen näher zu definieren“
- „[...] der in der Norm verwendete Begriff „Nutzung“ „einengend“ zu verstehen ist, da für die Planungsphase die Randbedingungen der Nutzung ansonsten sehr weit gefasst werden müssten.“

Aus diesen Inhalten leitet sich unter Zugrundelegung der Perspektive des Normadressaten folgende Planungsempfehlung ab:

„Empfehlungen für die Planung für Alt- und Neubau - Zu klären sind:

- die zu erwartenden oder vorhandenen Feuchtelasten aus der Nutzung,
- die zu erwartende oder vorhandene Abfuhr von Feuchtelasten durch Lüftung,
- die zu erwartenden oder vorhandenen Temperaturen der Luft innen.

Aus den bestimmten Feuchtelasten und den Temperaturen der Luft innen lassen sich erforderliche Oberflächentemperaturen der Bauteile im Ganzen und in den Kanten und Ecken ableiten, (und umgekehrt) aus den vorhanden Oberflächentemperaturen lassen sich die höchst zulässigen Feuchtegehalte festlegen.“ (vgl. T Ziff. 4.1)

Sommerlicher Wärmeschutz

Auch zum Luftwechsel zwecks sommerlichen Wärmeschutzes finden sich Aussagen in der bauaufsichtlich in Bezug genommenen DIN 4108-2:2013-07. Auf diese wird in der MVV/TB (Anlage A 6.2/1) Bezug genommen unter Hinweis darauf, dass „der sommerliche Wärmeschutz über die Regelungen der Energieeinsparverordnung [erfolgt]“. Diese beinhalten in § 14 GEG ihrerseits eine statische Regelverweisung auf 4108-2: 2013-02 Abschnitt 8. Hieraus ergibt sich, dass auch die Norminhalte zum sommerlichen Wärmeschutz in Abschnitt 8 der DIN 4108-2 aus öffentlich-rechtlicher Sicht zwingend zu beachten sind.

Zur Sicherstellung von Nachluftwechseln heißt es dort: „Das sommerliche Raumklima wird durch eine intensive Lüftung der Räume insbesondere während der Nacht- oder frühen Morgenstunden verbessert. Entsprechende Voraussetzungen (z.B. zu öffnende Fenster, geeignete Einrichtungen zur freien Lüftung) sollten daher vorgesehen werden. Eine Nachlüftung kann auch mit einer raumluftechnischen Anlage erfolgen.“ (DIN 4108-2, Abschnitt 4.3.5, siehe dazu T, Ziff. 4.2.)

Im Ergebnis des technischen Teils ergibt sich aus der Perspektive des Normadressaten auch bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes die Notwendigkeit bzw. Empfehlung, die hierfür notwendigen Luftwechsel zu konkretisieren. Zur Vermeidung unzumutbarer Temperaturbedingungen soll nach dem Norminhalt „bereits in der Planungsphase eines

Gebäudes der sommerliche Wärmeschutz mit einbezogen werden, damit bereits durch bauliche Maßnahmen weitgehend verhindert wird, dass unzumutbare hohe Innentemperaturen entstehen.“

Um die mit dem sommerlichen Wärmeschutz einhergehenden Schutzziele („Gesundheit“ unter dem Aspekt „thermischer Behaglichkeit“, Energieeffizienz/ Vermeidung überhöhter Lüftungswärmeverluste) zu erreichen, folgt aus der Sicht des Normadressaten die Notwendigkeit, den Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz schon in einer frühen Planungsphase für kritische Räume zu führen (vgl. T Ziff. 4.2.) Hintergrund ist, dass dann bereits durch bauliche Maßnahmen (v.a. Grundrissgestaltung) ein energieeffizienter sommerlicher Wärmeschutz möglich ist.

2.1.3 Vertragsrechtliche Relevanz der bauordnungsrechtlichen Regelungsinhalte

Aus den bauordnungsrechtlichen Regelungen ergeben sich zum einen die bei Erstellung von Lüftungskonzepten aus öffentlich-rechtlicher Sicht zu beachtenden Regelungsinhalte.

Des Weiteren können die Aussagen des Bauordnungsrechts bzw. deren „normative Konkretisierungen“ - vornehmlich der DIN 4108-2 - jedoch auch ohne Weiteres eine vertragsrechtliche Bedeutung für die Bestimmung der Sollbeschaffenheit im Rahmen der Vertragsauslegung erlangen. Dies ist insbesondere denkbar, wenn dem Vertrag keine konkretisierenden Parteivereinbarungen zur Sollbeschaffenheit von Lüftungskonzepten zu entnehmen ist.

Denn dann ist zu ermitteln, welche Sollbeschaffenheit ein Lüftungskonzept aufzuweisen hat, damit es sich für die „gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann“ (§ 633 Abs. 2 BGB). Weil in diesem Zusammenhang insbesondere zu ermitteln ist, ob die Planung den aRdT entspricht, dürften bei Beantwortung dieser Frage auch die bauordnungsrechtlich ersichtlichen Inhalte von Bedeutung für die Bestimmung der geschuldeten Sollbeschaffenheit haben (siehe dazu Ziff. 2.3.). Denn hier ist zu beachten, dass es sich um Normeninhalte handelt, die der Gesetzgeber zur Konkretisierung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele in der MVV/TB in Bezug genommen hat und diese demgemäß als Bestandteil des Bauordnungsrechts zwingend zu beachten sind.

Einhaltung gesetzlicher Vorgaben als Bestandteil des Leistungsversprechens

Die Einhaltung bauordnungsrechtlicher Anforderungen ist immer auch Bestandteil des vertragsrechtlichen Leistungsversprechens. Eine Werkleistung, die gesetzliche Vorgaben verletzt, ist stets mangelhaft. Die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben ist der „Dispositionsfreiheit“ der Vertragspartner entzogen, so dass solche weder „verhandelbar“ noch „abdingbar“ sind. Aus diesem Grund können sich Auftragnehmer auch nicht durch Aufklärung und Beratung bzw. die Erteilung eines Bedenkhinweis „haftungsbefreit“ von deren Einhaltung lossagen bzw. das hieraus resultierende Risiko auf den Auftraggeber delegieren.¹¹ Allein die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben bedeutet auch (noch) nicht, dass das Werk „frei von Mängeln“ ist; dies beurteilt sich allein nach vertragsrechtlichen Kriterien (Ziff. 2).

Rechtliche Würdigung – vertragsrechtliche Relevanz bauordnungsrechtlicher Regelungsinhalte

Im Ergebnis der rechtlichen Einordnung des dieser Studie zugrunde liegenden technischen Sachverhalts und zur Beantwortung der hieraus resultierenden Rechtsfragen ergeben sich aus den öffentlich-rechtlichen Regelungen, namentlich dem Bauordnungsrecht, **folgende wesentliche Aussagen zur etwaigen Konkretisierung der Vertragspflichten** von Planern bei Erstellung von Lüftungskonzepten (korrespondierend auch zu Ziff. T 3.4):

¹¹ Siehe z.B. OLG Düsseldorf, Urteil vom 23.12.2005 - 22 U 32/04

- Fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten sind zwingend durch eine mechanische Lüftungsanlage zu entlüften und mit einer Zuluftversorgung auszustatten (MVV/ TB A 3.2.6 i.V.m. der Bauaufsichtlichen Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen, Ausgabe April 2009)
- Im Übrigen ergeben sich weder aus dem Bauordnungsrecht noch sonstiger öffentlich-rechtlicher Regelungen Bestimmungen wonach Wohnungen zwingend mit lüftungstechnischen Maßnahmen auszustatten sind.
- Dies bedeutet insbesondere, dass das Bauordnungsrecht auch bezüglich der Lüftung zum Feuchteschutz sowohl „nutzerunabhängige“ Lüftungssysteme mittels LtM als auch die Lüftungsart „Fensterlüftung“ bzw. eine Kombination dieser Lüftungsarten grundsätzlich gestattet.
- Aus der Sichtweise der Bauordnung ergibt sich die grundsätzliche Aussage, dass Aufenthaltsräume mit ausreichend großen Fenstern als ausreichend belüftbar gelten (vgl. T Ziff. 3.2.1)
- Aus dem Bauordnungsrecht geht hervor, dass die Lüftung von Wohnungen bzw. die „Sicherstellung von Außenvolumenluftströmen/ Luftwechseln“ zu bestimmten Zwecken zu erfolgen hat. Nach den normativen Konkretisierungen der DIN 4108-2:2013-02 sind dies die Zwecke:
 - Feuchteschutz (Bautenschutz) (DIN 4108-2:2013-02 - Ziff. 3.1.6)
 - Gesundheit/ Hygiene (DIN 4108-2:2013-02 - Ziff. 4.2.3)
 - Zufuhr von Verbrennungsluft (DIN 4108-2:2013-02 - Ziff. 4.2.3 i.V.m. bauaufsichtlichen Vorschriften, z.B. Feueranlagenverordnung)
 - Sommerlicher Wärmeschutz (MVV/TB Anlage A 6.2/1 i.V.m. § 14 GEG, statische Regelverweisung auf DIN 4108-2:2013-02)

Diese Zwecke sind bauordnungsrechtlich vorgegeben, so dass sie bei der Planung von Lüftungskonzepten zwingend zu beachten und sicherzustellen sind.

- Auch sonstige - nicht unmittelbar dem Bauordnungsrecht (MBO, MVV/TB) zu entnehmende – öffentlich-rechtlich relevante Regelungen sind zu beachten (vgl. T Ziff. 3.2.1)
- Die für die Nachweisführung genannten stationären Randbedingungen (DIN 4108-2:2013-02 - Ziff. 6.3) zur **Konkretisierung der „üblichen Nutzung“** sind nach Wortlaut und Verständnis des Normkontexts aus der Perspektive des Normadressaten „in Abhängigkeit von den konkreten Nutzungsrandbedingungen im Einzelfall anzupassen“. Aus der Perspektive des Normadressaten resultiert diese Interpretation der Norminhalt aus der bauphysikalisch begründeten Erkenntnis, dass die für die Bestimmung notwendiger Luftwechsel – insbesondere zum Feuchteschutz – maßgeblichen Parameter (v.a. Innentemperatur und relative Feuchte zur Bestimmung schadensvermeidender Oberflächentemperaturen und dementsprechend höchst zulässiger Feuchtegehalte) von den Nutzungsrandbedingungen im Einzelfall abhängen. Hieraus resultiert aus der Perspektive des Normadressaten, die Planungsaufgabe, diese Randbedingungen zu definieren. (T Ziff. 4.1)

- Aus dem Bauordnungsrecht ergeben sich für keinen der o.g. Zwecke Vorgaben zur Einhaltung bestimmter „statischer“ Luftwechselraten¹² oder zwingend der Planung zu grunde zu legende stationäre klimatische (oder sonstige pauschalierte) Randbedingungen.
- Zur Konkretisierung „ausreichender Lüftung/ Beheizung“ enthalten die normativen Regelungen seit der Neufassung der DIN 4108-2:2013-02 einen Hinweis auf den DIN-Fachbericht 4108-8. Dieser nennt Randbedingungen für die in Wohnungen eingebrachten Feuchtelasten zur Bestimmung notwendiger Luftwechsel zum Feuchteschutz. Der Hinweis auf diese Technischen Regeln des DIN Fachberichts 4108-8 ersetzt seit der Neufassung der DIN 4108 im Jahr 2013 den dort bis dahin befindlichen Hinweise auf die „statische“ Luftwechselrate von 0,5 sowie die DIN 1946-2 und DIN 1946-6.

Aktuell steht eine Veröffentlichung des überarbeiteten DIN Fachbericht 4108-8 als DIN/TS 4108-8 kurz bevor, die (für Deutschland neben der DIN EN 16798-7) dem Planer die Möglichkeit bietet, die zum Feuchteschutz notwendigen Luftwechsel ingenieurmäßig unter Berücksichtigung konkreter Nutzungsrandbedingungen und resultierender Feuchtelasten mittels der Lüftungsart Fensterlüftung zu berechnen.

Schon zuvor konnten Planer jedoch auf Rechenalgorithmen in anderen Erkenntnisquellen wie z.B. DIN EN 15242 zurückgreifen, die ebenso wie auch die Rechenalgorithmen der DIN/TS 4108-8 für andere Lüftungsanlässe (z.B. Hygiene oder erhöhte Nachtlüftung) genutzt werden konnten (T Ziff. 5)

Aus den bisherigen und aktuellen Regelungsentwicklungen wird deutlich, dass der Gesetzgeber dem Normadressaten Hinweise auf Planungsinstrumente gibt, die dem Planer die Möglichkeit offerieren, anstelle pauschalierter Nutzungsrandbedingungen bzw. rein „stationärer“ Betrachtung klimatischer Randbedingungen, diese in Abhängigkeit von den konkreten Nutzungsrandbedingungen zu detaillieren. Bauordnungsrechtliche Zielsetzung ist zweifelsohne eine Minimierung von Risiken im Sinne der Vermeidung von Tauwasserbildung und Schimmelpilz an den Innenoberflächen von Außenbauteilen sowie die Sicherstellung hygienischer Raumklimata (vgl. Ziff. 3.1.6. DIN 4108-2:2013-02).

2.1.4 Zwischenfazit: Aussagen zur Wohnungslüftung im Bauordnungsrecht

Damit ist festzuhalten: Auch wenn sich aus den o.g. bauaufsichtlich in Bezug genommenen Norminhalten weder im Hinblick auf das Erfordernis bestimmter Luftwechsel noch bezüglich der Randbedingungen für deren Ermittlung oder aber bezüglich bestimmter Lüftungsarten und -systeme keinerlei „zwingend einzuhaltende Vorgaben“ ableiten lassen, stellen die Regelungen dennoch **Empfehlungen des bauordnungsrechtlichen Gesetzgebers zum Umgang mit etwaigen Feuchterisiken und Schimmelpilzvermeidung** dar.

Diese manifestieren sich aus der Perspektive des Planers im Wesentlichen bei Beantwortung der Frage, ob und in welchem Umfang Nutzungsrandbedingungen zur Bewältigung der jeweiligen Planungsaufgabe zu konkretisieren sind oder aber durchaus auch eine Ermittlung notwendiger Luftwechsel unter Zugrundelegung „nur“ stationärer (klimatischer) Randbedingungen und pauschalierter Annahmen zur Nutzung(srandbedingungen) sicher zum Ziel führen. Insoweit gilt auch für die Sicherstellung des Mindestwärmeschutzes – wie

¹² Insoweit kann der Entscheidung des LG München I, Urteil vom 02.07.2015 - 8 O 2699/10, keine verallgemeinerungsfähige Aussage entnommen werden, zumal aus den Urteilsgründen nicht ersichtlich ist, auf welchen sachverständigen Feststellungen das Gericht seine Entscheidung gründet, dass „für einen geregelten Feuchtigkeitsabbau in Wohnräumen eine Mindestluftwechselrate in Höhe von 0,5 h-1 durch die Konstruktion des Baus sichergestellt sein muss“.

für viele andere Planungsaufgaben ebenso -, dass der Gesetzgeber sich darauf beschränkt, das Schutzziel zu bestimmen, es aber dem Normadressaten überlässt, wie er dieses Ziel erreicht.

Damit bleibt es in der Verantwortung des Planers unter Berücksichtigung der bauordnungsrechtlich in Bezug genommenen Technischen Regeln sowie etwaiger weiterer „Erkenntnisquellen“ zu eruieren, welche Wege sicher zum Ziel führen – mithin: **welches „Nachweisverfahren“ zur Zielerreichung geeignet ist und welche Lüftungssysteme auf dieser Grundlage zum Einsatz kommen können.** Soweit aus planerischer Sicht unterschiedliche Nachweisverfahren in Betracht kommen, gilt es den Auftraggeber in die Lage zu versetzen, eine sachgerechte Entscheidung treffen zu können. Mit den hier vertragsrechtlich relevanten Kriterien – den Anforderungen an Aufklärung und Beratung – befasst sich der Beitrag unter Ziff. 2.3.

Abschließend ist festzuhalten, dass die hier aus der Perspektive des Bauordnungsrechts dargestellten Aspekte selbstverständlich gleichermaßen vertragsrechtlich relevant werden können, insbesondere bei Ermittlung der geschuldeten Sollbeschaffenheit unter dem Aspekt der „Funktionstauglichkeit“ (Ziff. 2.4.) sowie auch im Rahmen der Bestimmung der „gewöhnlichen Verwendungseignung (Ziff. 4.3.)

Zusammenfassung: Aussagen zur Wohnungslüftung im Bauordnungsrecht und vertragsrechtliche Bedeutung

Zwar kann den bauordnungsrechtlichen Regelungen zum Mindestwärmeschutz in Form der bauaufsichtlich eingeführten DIN 4108-2 keine Aussage dazu entnommen werden, welche konkreten Luftwechsel zu den jeweiligen Zwecken erforderlich wären oder wie, d.h. durch welche (konkreten) Lüftungssysteme für notwendig erachtete Luftwechsel sicherzustellen wären.

Aber gleichwohl ergeben sich aus den bauaufsichtlich eingeführten Norminhalten (DIN 4108-2 Ziff. 3.1.6, Ziff. 6.3. und 4.2.3./ DIN FB 4108-8) Hinweise darauf, welche Faktoren aus planerischer Sicht zur Sicherstellung einer funktionstauglichen Lüftung zum Feuchteschutz zu beachten sind. Im Ergebnis des technischen Teils ist aus diesen Norminhalten die Planungsaufgabe abzuleiten, die Nutzungsrandbedingungen (Innentemperatur, eingetragene Feuchtelasten) für die Ermittlung notwendiger Luftwechsel zu konkretisieren. (T Ziff. 4.1)

Somit kann den bauaufsichtlich eingeführten Norminhalten als Bestandteil des Bauordnungsrechtes und deren Verständnis durch die adressierten Fachkreise durchaus die Aussage entnommen werden, dass eine funktionstaugliche Lüftung zum Feuchteschutz eine auf den Einzelfall bezogene Ermittlung und Definition der konkreten Nutzungsrandbedingungen, v.a. der jeweiligen Innentemperaturen und eingetragener Feuchtelasten, voraussetzt.

Im Umkehrschluss kann sich daher eine Planung, die „unter standardisierten Nutzungsrandbedingungen“ erfolgt aus technischer Sicht als risikobehaftet darstellen, wenn für den Planer erkennbar ist, dass aus der „Außerachtlassung“ (i.S.v. „Nichtanpassung“) konkreter Nutzungsrandbedingungen Risiken resultieren können. Maßgeblich ist hier die Perspektive des Auftraggebers als bautechnischen Laien (sog. obj. Empfängerhorizont, siehe dazu Ziff. 2.2.3). Dies ist daher von den Beteiligten im Rahmen ihrer Aufklärungs- und Beratungspflichten ggf. vertraglich aufzugreifen (Ziff. 3).

Diese aus dem Bauordnungsrecht resultierenden Sachverhalte können bei Ermittlung der Sollbeschaffenheit von Lüftungskonzepten sowohl unter dem Aspekt der Funktionstauglichkeit (Ziff. 2.4.) als auch bei Ermittlung von deren „gewöhnlicher Verwendungseignung“ und damit der Prüfung der Einhaltung etwaiger aRdT vertragsrechtlich relevant werden (Ziff. 2.4.3.)

2.2 Vertragspflichten bei Erstellung von Lüftungskonzepten

Da das Bauordnungsrecht – wie unter Ziff. 1 dargestellt – lediglich die Verpflichtung konstatiert, dass eine funktionstaugliche Wohnungslüftung zur Erfüllung bestimmter Zwecke sicherzustellen ist (bauordnungsrechtliche Bestimmung des Schutzzieles), der Gesetzgeber sich jedoch im Übrigen auf Hinweise und Planungsempfehlungen zur Schutzzielerreicherung beschränkt, ist im nächsten Schritt zu prüfen, welche Vertragspflichten sich aus der Planungsaufgabe „Erstellung Lüftungskonzept“ ergeben können.

Ausgangspunkt der rechtlichen Betrachtung sind daher die gesetzlichen Regelungen nach §§ 631ff. BGB. Denn die Planungsaufgabe „Erstellung eines Lüftungskonzepts“ ist – wie sonstige Planungsleistungen im Übrigen – als werkvertragliche Leistung zu qualifizieren.

2.2.1 Konkretisierung des Inhalts der Erfolgshaftung bei Erstellung von Lüftungskonzepten

Aus dieser rechtlichen Einordnung ergibt sich zuvorderst die Verpflichtung des Werkunternehmers zur Herbeiführung eines „Erfolgs“. Doch was bedeutet „Erfolg“? Was ist Inhalt der sog. „verschuldensunabhängigen Erfolgshaftung“? Deutlich wird der Charakter dieses Leistungsversprechens insbesondere in Gegenüberstellung zum Dienstvertrag (§ 611 BGB). Während hier Gegenstand des Leistungsversprechens lediglich die „Vornahme von Tätigkeiten“ ist, verspricht der Werkunternehmer die Erreichung eines Ziels. Und nicht nur das: in dem der Werkunternehmer sich zur Erreichung eines Ziels verpflichtet, verspricht er zugleich und implizit, den Weg zum Ziel zu kennen bzw. zu wissen, wie er das versprochene Ziel erreicht. Erfolgshaftung bedeutet mithin das „unbedingte“ Einstehen für die Erreichung des Vertragsziels.

Werkvertrag – Unterschied – Dienstvertrag



Abbildung 75: Abgrenzung Dienstvertrag – Werkvertrag

Das Leistungsversprechen des Werkunternehmers umfasst somit die Erreichung eines Ziels und zugleich die Erbringung der hierfür erforderlichen Leistungen („Wege zum Ziel“). Dieser Charakter und Inhalt des werkvertraglichen Leistungsversprechens kommt auch deutlich in den neuen gesetzlichen Regelungen zum Planungsvertrag zum Ausdruck, wo es heißt: „Durch einen Architekten- oder Ingenieurvertrag wird der Unternehmer verpflich-

tet, **die Leistungen zu erbringen, die [...] erforderlich sind, um die zwischen den Parteien vereinbarten Planungs- und Überwachungsziele zu erreichen.**“ (§ 650p BGB). Die hier gegenständlichen Leistungen zur Erstellung von Lüftungskonzepten sind Planungsleisten im Sinne des § 650p BGB.

Im Ergebnis des technischen Teils kann der Inhalt des Leistungsversprechens bzw. der Erfolgshaftung bei Erstellung von Lüftungskonzepten dahingehend konkretisiert werden, dass das zu erreichende Ziel die **Sicherstellung einer funktionstauglichen Wohnungslüftung** ist. Im Ergebnis der Betrachtung der bauordnungsrechtlichen Schutzzielvorgaben und resultierender Planungsinhalte umfasst dieses Zielerreichungsversprechen die **Sicherstellung notwendiger Luftwechsel (Außenvolumenströme) zu den Zwecken:**

- Feuchteschutz (Bautenschutz; sog. Mindestluftwechsel)
- Sommerlicher Wärmeschutz
- Gesundheit/ Hygiene
- Beheizung/ Zufuhr von Verbrennungsluft

Dreh- und Angelpunkt ist demnach die Frage: Was schuldet der Ersteller des Lüftungskonzepts, welche Leistungen sind zu erbringen, damit das von ihm versprochene Ziel einer funktionstauglichen Wohnungslüftung sicher erreicht wird?

Was schuldet er, was ist zu tun, damit sein „Werk frei von Mängeln“ i.S.d. § 633 Abs. 2 BGB ist? Denn die Erreichung des Vertragsziels setzt zugleich die Lieferung eines mangelfreien Werks voraus. Nachfolgend ist daher nach den Kriterien des sog. „Mangelbegriffs“ zu prüfen, welche Vertragspflichten und haftungsrelevanten Aspekte aus diesem Leistungsversprechen resultieren können.

2.2.2 Die drei Stufen des Mangelbegriffs – „Rangfolge“ zur Ermittlung der Sollbeschaffenheit

Ausgangspunkt für die Beantwortung der Frage „Ist das Werk frei von Mängeln?“ (§ 633 Abs. 2 BGB) ist stets die Ermittlung der geschuldeten Sollbeschaffenheit. Denn nur eine bestimmte - oder zumindest im Rahmen der Vertragsauslegung bestimmbare¹³ - Sollbeschaffenheit kann Grundlage für die Feststellung sein, ob die Istbeschaffenheit mit dieser übereinstimmt oder aber hiervon abweicht.

Dieser Gedankengang impliziert die im Dreiklang vorzunehmende Prüfung:

1. Ermittlung der Sollbeschaffenheit
2. Feststellung der Istbeschaffenheit
3. Feststellung der Abweichung/ Übereinstimmung von Soll- und Istbeschaffenheit.

Ein Mangel i.S.d. § 633 Abs. 2 BGB liegt daher bereits vor, wenn das versprochene „Soll“ von dem tatsächlichen „Ist“ abweicht; sobald ein solcher vorliegt greifen die Gewährleistungsrechte nach § 634 BGB (Nacherfüllung, Minderung, Ersatz-/ Selbstvornahme, Kostenvorschuss, Rücktritt), weswegen diese Haftung des Werkunternehmers auch als sog. „verschuldensunabhängige Erfolgshaftung“ bezeichnet wird.

Werkunternehmer versprechen die Herbeiführung eines Erfolgs. Kennzeichnend für den Werkvertrag ist, dass der Unternehmer das Risiko für die Erreichung des vereinbarten Ziels (Sollbeschaffenheit) übernimmt – die hierfür erforderlichen Tätigkeiten sind lediglich Mittel zum Zweck. Inbegriff dieser Risikoübernahme ist die sog. „verschuldensunabhängige“ Erfolgshaftung.

¹³ siehe zu dieser Thematik z.B. BGH, Urteil vom 23.04.2015 - VII ZR 131/13

Der Eintritt eines Schadens oder ein Verschulden des Auftragnehmers ist daher keine Voraussetzung für die Bejahung eines Mangels. Ausreichend ist vielmehr, dass Ungewissheit über die Risiken des Gebrauchs im Sinne einer möglichen späteren Funktionsbeeinträchtigung besteht.¹⁴ Denn, so das Argument, Auftraggeber sei bei Geltendmachung der verschuldensunabhängigen Gewährleistungsrechte nicht zuzumuten, erst einen Schadeneintritt abwarten zu müssen.

Doch wie ist die so wesentliche Sollbeschaffenheit zu ermitteln? § 633 Abs. 2 BGB stellt sich hier als „Orientierungsgeländer“ und zu beachtende Rangfolge für das Vorgehen im Rahmen der Vertragsauslegung dar und zeichnet hierfür folgenden Weg:

Nach dem sog. dreistufigen Mangelbegriff (§ 633 Abs. 2 BGB) ist ein Werk frei von Mängeln, wenn es die *vereinbarte Beschaffenheit* hat (1. Stufe); soweit die Beschaffenheit nicht vereinbart ist, ist es frei von Mängeln, wenn es sich für die *nach dem Vertrag vorausgesetzte* (2. Stufe), sonst für die *gewöhnliche Verwendung* eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann (3. Stufe).



Abbildung 76: Schaubild Mangelbegriff

Während auf den ersten beiden Stufen die vereinbarte bzw. die nach dem Vertrag vorausgesetzte Beschaffenheit anhand eines *subjektiven Parteiwillens* ermittelt werden kann (daher auch sog. subjektiver Mangelbegriff), bestimmt sich die Prüfung auf der dritten Stufe in Ermangelung subjektiver Anhaltspunkte nach objektiven Kriterien. Dieser Maßstab – bei dem dann auch die anerkannten Regeln der Technik (aRdT) eine wichtige Bedeutung haben – greift also *im Rahmen der Vertragsauslegung* erst dann, wenn ein subjektiver Parteiwille bezüglich einer fraglichen Beschaffenheit nicht festgestellt werden kann. Es handelt sich daher im „gesetzestechischen Sinne“ de facto um einen „Auffangtatbestand“ – gewissermaßen einen „Rettungssanker“ – für den Fall, dass hinsichtlich der streitgegenständlichen Beschaffenheit kein subjektiver Parteiwille bezogen auf den Zeitpunkt des Vertragsabschlusses ermittelbar ist. Gleichwohl ist die Einhaltung der aRdT als Ausdruck des sog. technischen Mindeststandards (3. Stufe Mangelbegriff) stets immanenter Bestandteil des Leistungsversprechens.

¹⁴ siehe z.B. OLG Köln, Urteil vom 30.04.2003 - 13 U 207/01, BGH, Urt. v. 09.01.2003 - VII ZR 181/00 – zu dem Fall der Ausführung der Betondecke einer Tiefgarage in Beton der Güteklaasse B 25 statt in der vereinbarten Güteklaasse B 35; BGH, Urt. v. 10.11.2005 - VII ZR 137/04; OLG Köln, Urteil vom 02.06.2004 - 17 U 121/99; OLG Oldenburg, Urteil vom 28.02.2006 - 12 U 85/05

2.2.3 Ermittlung der Sollbeschaffenheit und Grundsätze Vertragsauslegung

Selbst wenn ein Vertrag konkrete Beschaffenheitsangaben beinhaltet (z.B. „Schalldämmung nach DIN 4109“¹⁵) ist für die Ermittlung der Sollbeschaffenheit nicht allein die ausdrückliche Vereinbarung maßgeblich. Vielmehr ist ganz entscheidend darauf abzustellen, wie der Vertragsinhalt, das Leistungsversprechen, aus der Perspektive eines „unbeteiligten“ Dritten (sog. objektiver Empfängerhorizont) zu verstehen ist. Bei der Auslegung von Bauverträgen ist dabei nach der Rechtsprechung zu berücksichtigen, dass der Auftraggeber als bautechnischer Laie in der Regel über keine bautechnischen Kenntnisse verfügt während Planern und Bauausführenden stets das für die jeweilige vertragsgegenständliche Planungs-/Bauaufgabe erforderliche, jedenfalls „durchschnittlich zu erwartende“ (spezifische) Fachwissen unterstellt werden darf¹⁶.

Nach ständiger Rechtsprechung ist der wirkliche Parteiwille aus der Perspektive eines objektiven Dritten (sog. objektiver Empfängerhorizont) auf Grundlage der Gesamtheit der Vertragsunterlagen sowie „vertragsbegleitender Umstände“ zu ermitteln und der Vertrag ist stets als „sinnvolles Ganzes“ auszulegen.¹⁷

Dementsprechend sind im Rahmen der Vertragsauslegung zur Ermittlung der Sollbeschaffenheit sämtliche Gegebenheiten und Umstände zu berücksichtigen, die – für den Werkunternehmer erkennbar – die *Willensbildung und Erwartungshaltung des Bestellers* im Hinblick auf die Beschaffenheit der Werkleistung beeinflussen können. Als solche kommen bspw. in Betracht Angaben in Werbeprospekten, vorvertragliche Erklärungen/ Korrespondenz, zeichnerische Darstellungen u.v.m.

Diese Grundsätze für die Ermittlung der Sollbeschaffenheit im Rahmen der Vertragsauslegung formuliert der BGH¹⁸ zur Frage „Welcher Schallschutz ist geschuldet?“ wie folgt: „[...] *Maßgebend sind die im Vertrag zum Ausdruck gebrachten Vorstellungen von der Qualität des Schallschutzes, also der Beeinträchtigung durch Geräusche. Der Besteller hat insoweit in aller Regel keine Vorstellungen, die sich in Schalldämm-Maßen nach der DIN 4109 ausdrücken, sondern darüber, in welchem Maße er Geräuschbelästigungen ausgesetzt ist, inwieweit er also Gespräche, Musik oder sonstige Geräusche aus anderen Wohnungen oder Doppelhaushälften hören oder verstehen kann. Entsprechende Qualitätsanforderungen können sich nicht nur aus dem Vertragstext, sondern auch aus erläuternden und präzisierenden Erklärungen der Vertragsparteien, sonstigen vertragsbegleitenden Umständen, den konkreten Verhältnissen des Bauwerks und seines Umfeldes, dem qualitativen Zuschnitt, dem architektonischen Anspruch und der Zweckbestimmung des Gebäudes ergeben. [...]*“

Soweit sich demnach ein subjektiver Parteiwille mangels nicht hinreichend konkreter oder ausreichend detaillierter Vereinbarungen (z.B. unvollständiges Leistungsverzeichnis oder typischerweise bei funktionaler Leistungsbeschreibung) über eine bestimmte Beschaffenheit des Werks bezogen auf den Zeitpunkt des Vertragsabschlusses ermitteln lässt, ist die *nach dem Vertrag vorausgesetzte Verwendungseignung* (2. Stufe) anhand der oben dargestellten Kriterien zu prüfen. Häufig kann unter Heranziehung der Zweckbestimmung und der konkreten Verwendungsabsicht ein Parteiwille ermittelt werden.

¹⁵ BGH, Urteil vom 04.06.2009 - VII ZR 54/07

¹⁶ Siehe z.B. OLG Stuttgart, 14.02.2008 - 2 U 73/07; OLG Frankfurt, Beschluss vom 05.11.2019 - 11 Verg 4/19; OLG Brandenburg, Beschluss vom 30.03.2017 - 12 U 94/13; OLG Celle, Urteil vom 22.12.2016 - 16 U 59/13; BGH, Beschluss vom 27.09.2017 - VII ZR 17/17

¹⁷ BGH, Urteil vom 05.12.2002 - VII ZR 342/01; OLG Oldenburg, Urteil vom 06.05.2010 - 8 U 190/09; BGH, Urteil vom 11.03.1999 - VII ZR 179/98

¹⁸ BGH, Urteil vom 14.06.2007 - VII ZR 45/06

Erst wenn auf diesen beiden Stufen, d.h. also auf der *subjektiven* Ebene, kein Parteiwille ermittelt werden kann, ist auf der dritten Stufe zu prüfen, ob sich das Werk *für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann* (§ 633 Abs. 2 S. 2 Nr. 2 BGB). Maßgeblich sind hier demnach objektive Kriterien. Der gewöhnliche Gebräuch ist anhand der allgemeinen gewerblichen Verkehrssitte unter Berücksichtigung von Treu und Glauben, einschließlich der örtlichen Gegebenheiten zu ermitteln. Während sich demnach auf den ersten beiden Stufen die Ermittlung der Sollbeschaffenheit auf einer subjektiven Ebene vollzieht, findet auf der dritten Stufe eine Prüfung auf einer objektiven Ebene statt. Auch hieraus erschließt sich, dass diese dritte Stufe innerhalb der Gesetzesystematik einen „Auffangtatbestand“ darstellt und daher erst „nachrangig“ zu prüfen ist.

Zentrale Bedeutung erlangen hier die aRdT, die verallgemeinerte technische Standards formulieren und daher auch als Maßstab für einzuhaltende technische Anforderungen in Frage kommen.¹⁹ In der Praxis dienen die aRdT regelmäßig der Konkretisierung der „gewöhnlichen Verwendungseignung“ im Sinne des sog. *technischen Mindeststandards*. Erst auf dieser Ebene der Vertragsauslegung wird demnach die Frage nach dem Vorhandensein aRdT relevant und damit die Frage, ob und in welchem Umfang die Inhalte technischer Regeln/ DIN-Normen wiederum zur Konkretisierung der aRdT herangezogen werden können (siehe dazu unter Ziff.2.4.2.).

Festzuhalten ist daher schon an dieser Stelle: Werkunternehmer schulden stets stillschweigend (konkludent) die Einhaltung der aRdT; Auftraggeber dürfen deren Einhaltung ebenso stillschweigend voraussetzen. Im Rahmen der Vertragsauslegung sind die aRdT - und damit auch deren etwaige Konkretisierung durch technische Normen – jedoch erst auf der dritten Stufe heranzuziehen. Für die Bestimmung der Sollbeschaffenheit ist primär der nach den Grundsätzen für die Vertragsauslegung zu ermittelnde *subjektive Parteiwille* maßgeblich.

2.2.4 Funktionstauglichkeit

Von zentraler Bedeutung für das Verständnis des Mangelbegriffs ist schließlich das von der Rechtsprechung entwickelte sog. „ungeschriebene Tatbestandsmerkmal“ der *Funktionsstauglichkeit*. Dieses ist allen drei Stufen des Mangelbegriffs immanent. Anlass und Hintergrund für die Entwicklung dieses Kriteriums sind – häufig dem Bereich der Bauausführung zuzuordnende Sachverhalte -, in denen der Werkunternehmer behauptet, das Werk vollständig nach Leistungsbeschreibung,-verzeichnis und sonstigen Vorgaben des Auftraggebers ausgeführt zu haben, während der AG einwendet, das Werk erfülle „trotz Ausführung wie vereinbart“ nicht den Vertragszweck, da es nicht funktioniere.

Doch was beinhaltet dieses zusätzliche „ungeschriebene“ Merkmal des Mangelbegriffs nun genau, welche Haftungsfolgen und -risiken ergeben sich hieraus für den Werkunternehmer? Äußerst anschaulich beantwortete dies der BGH²⁰ anlässlich des folgenden Falls: Strittig war die Frage, ob eine – an ein für die Beheizung eines Forsthauses konzeptionell ungeeignetes Blockheizkraftwerk angeschlossene - Heizungsanlage mangelhaft war, da sie das zu beheizende Forsthaus nicht ausreichend erwärmte. LG und OLG verneinten den Mangel, weil die Heizungsanlage für sich gesehen technisch einwandfrei sei. Der BGH bejahte jedoch die Mangelhaftigkeit der Heizungsanlage, weil sie das Forsthaus nicht beheizen konnte, also nicht funktionierte, mit den folgenden Erwägungen:

„[...] Welche Beschaffenheit eines Werkes die Parteien vereinbart haben, ergibt sich aus der Auslegung des Werkvertrages. Zur vereinbarten Beschaffenheit im Sinne des § 633

¹⁹ Siehe hierzu instruktiv Quack, Friedrich, Zum Problem der Evaluierung technischer Regeln, BauR 2010, 863, 867

²⁰ BGH, Urteil vom 08.11.2007 - VII ZR 183/05 (Blockheizkraftwerk)

Abs. 2 Satz 1 BGB gehören alle Eigenschaften des Werkes, die nach der Vereinbarung der Parteien den vertraglich geschuldeten Erfolg herbeiführen sollen. **Der vertraglich geschuldeten Erfolg bestimmt sich nicht allein nach der zu seiner Erreichung vereinbarten Leistung oder Ausführungsart, sondern auch danach, welche Funktion das Werk nach dem Willen der Parteien erfüllen soll.** Der Bundesgerichtshof hat deshalb eine Abweichung von der vereinbarten Beschaffenheit [...] angenommen, **wenn der mit dem Vertrag verfolgte Zweck der Herstellung eines Werkes nicht erreicht wird und das Werk seine vereinbarte oder nach dem Vertrag vorausgesetzte Funktion nicht erfüllt. Das gilt unabhängig davon, ob die Parteien eine bestimmte Ausführungsart vereinbart haben oder die anerkannten Regeln der Technik eingehalten worden sind.** Ist die Funktionstauglichkeit für den vertraglich vorausgesetzten oder gewöhnlichen Gebrauch vereinbart **und ist dieser Erfolg mit der vertraglich vereinbarten Leistung oder Ausführungsart oder den anerkannten Regeln der Technik nicht zu erreichen, schuldet der Unternehmer [gleichwohl] die vereinbarte Funktionstauglichkeit [...]**“

Dies bedeutet jedoch (noch) nicht, dass der Werkunternehmer für die Mängelhaftigkeit auch haftet. Denn in dieser Konstellation ist entscheidend, ob dem Unternehmer die rechtliche Verantwortlichkeit für die vertraglich vorgesehene Ausführungsart (Weg zum Ziel) zuzuweisen ist oder ob er sich durch die Erteilung von Bedenkhinweisen bzw. entsprechende Aufklärungs- und Beratungsleistungen wirksam „von der Haftung befreit“ hat. In diesem Rahmen ist dann auch zu prüfen, ob dem Werkunternehmer die Erteilung von Hinweisen zumutbar gewesen ist, was wiederum voraussetzt, dass ein Mangel z.B. bezüglich der „vorgesehenen Ausführungsart“ für diesen – durchschnittliche Fachkenntnisse vorausgesetzt – erkennbar gewesen ist (siehe zu den Anforderungen an Aufklärung und Beratung Ziff. 2.3.2).

Dies zusammenfassend ist festzuhalten:

Messlatte für die Mängelbeurteilung ist die Sicherstellung der Funktionstauglichkeit - ist der Vertragszweck nicht erfüllt, ist das Werk mängelhaft. Dies bedeutet: ein Dach muss dicht sein²¹, eine Heizung muss das Haus erwärmen²², eine Lüftung muss lüften.²³ Im Rahmen dieser Prüfung bleibt demnach (zunächst) außen vor, ob die Vertragspartner Vereinbarungen über eine bestimmte Ausführungsart getroffen haben oder ob die anerkannten Regeln der Technik eingehalten worden sind. Denn – ebenfalls Ausfluss und Bestandteil der Erfolgschaftung ist -, dass der Werkunternehmer grundsätzlich implizit auch verspricht, den „Weg zum Ziel“ zu kennen.

Die Verpflichtung zur Erstellung eines funktionstauglichen Werks impliziert immer auch die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik auf allen drei Stufen des Mängelbegriffs. Gleichwohl ist auch ein den aRdT entsprechendes Werk mängelhaft, wenn der Vertragszweck nicht erfüllt ist.

Funktionaler Mängelbegriff gilt auch für Planungsverträge

Der funktionale Mängelbegriff gilt für alle werkvertraglichen Erfolgsversprechen. So stellte das OLG Düsseldorf²⁴ in einer aktuellen Entscheidung fest: „**Auch für den Architekten gilt der funktionale Mängelbegriff. Er schuldet daher diejenigen Planungsleistungen, die erforderlich sind, um den vom Bauherrn angestrebten Erfolg zu erzielen.**“ Hier hatte sich der Planer im Rahmen seiner Beauftragung zur Sanierungsplanung eines 1939 errichteten Einfamilienhauses u.a. verpflichtet, Maßnahmen zur Beseitigung der im Souterrain vorhandenen Feuchtigkeit zu treffen. Nach Einzug des Bauherrn kommt es zu einem

²¹ BGH, Urteil vom 11.11.1999 - VII ZR 403/98

²² BGH, Urteil vom 08.11.2007 - VII ZR 183/05 (Blockheizkraftwerk); BGH, Urteil vom 08.05.2014 - VII ZR 203/11 (zur Funktionstauglichkeit von Glasfassaden)

²³ OLG Celle, Urteil vom 01.03.2019 - 8 U 188/18

²⁴ OLG Düsseldorf, Urteil vom 07.05.2019 - 23 U 142/18

erheblichen Feuchtigkeitsschaden. Der Planer wendet u.a. ein, dass der Bauherr aus Kostengründen unter Inkaufnahme des Risikos von Feuchteschäden auf die notwendige Bestandsanalyse zur Untersuchung der Feuchtigkeitsursachen sowie auf Abdichtungsmaßnahmen verzichtet habe.

Das Gericht bejaht gleichwohl einen Planungsmangel und führt zur Erfolgschaftung des Planers aus: „[Der Planer] hätte daher geeignete Maßnahmen planen müssen, um die Feuchtigkeit im Souterrain auf das für eine Wohnnutzung hinnehmbare Maß zu beschränken. Das ist ihm nicht gelungen. Die Planung ist daher mangelhaft. Vor dem Hintergrund des funktionalen Mangelbegriffs [...] entlastet es den Architekten nicht, wenn in einem Architektenvertrag nicht alle Grund- oder besonderen Leistungen übertragen [hier: Bestandserfassung und Bestandsanalyse] worden sind, die zur Erreichung des funktional bestimmten Erfolgs erforderlich sind. Auch in diesem Fall ist der Architekt zur mangelfreien Leistung verpflichtet. [...]“

Auch in diesem Fall wurde zwar ein Planungsmangel bejaht, jedoch (noch) nicht die Haftung des Planers. Analog zum o.g. BGH-Fall prüft das Gericht im nächsten Schritt, ob der Planer seine Erfolgschaftung nachträglich wirksam eingeschränkt hat, indem er seinen Auftraggeber „haftungsbefreend“ aufgeklärt und beraten hat. (siehe dazu Ziff. 2.3.2)

2.2.5 Zwischenfazit: Funktionaler Mangelbegriff und Inhalt der Erfolgschaftung bei Erstellung von Lüftungskonzepten

Welche Folgen ergeben sich aus dem „funktionalen Mangelbegriff“ für die Mangelbeurteilung im Kontext der Erstellung von Lüftungskonzepten?

Im Ergebnis des funktionalen Mangelbegriffsverständnisses ist vertragsrechtlich entscheidend, ob die zur Erstellung von Lüftungskonzepten vereinbarten bzw. hierfür vorgesehene Leistungen geeignet und ausreichend sind, um eine *insgesamt funktionstaugliche Wohnungslüftung* sicherzustellen.²⁵ Dies bedingt eine Planung unter Beachtung sämtlicher öffentlich-rechtlich angeordneter (Ziff. 2.1) sowie ggf. vom Auftraggeber vorgegebener weitergehender Lüftungszwecke (z.B. Arbeitsschutz/ besondere gesundheitliche Anlässe u.a.). Des Weiteren folgt hieraus die Planungsaufgabe bauliche und nutzungsbedingte Randbedingungen - in Abhängigkeit von den konkreten vertragsgegenständlichen Gegebenheiten - zur Erfüllung des Vertragszwecks zu konkretisieren.

Denn unabhängig davon, ob die Parteien bestimmte Leistungen zur Zielerreichung vereinbart haben oder die anerkannten Regeln der Technik eingehalten worden sind, ist das Werk mangelhaft, wenn es seine Funktion nicht erfüllt.

Der Werkunternehmer trägt die Verantwortung für die Wahl eines geeigneten Wegs zur Zielerreichung. Im Ergebnis des technischen Teils kann der **Nachweis notwendiger Luftwechsel auf unterschiedliche Art und Weise** erfolgen. Stehen – wie hier der Fall - verschiedene Wege zur Verfügung, hat er deren Tauglichkeit für das vom Auftraggeber vorgesehene Ziel zu prüfen und unter Beachtung der Anforderungen an Aufklärung und Beratung (siehe Ziff. 2.3) zu konkretisieren. Da das Ziel einer „funktionstauglichen Wohnungslüftung“ des Weiteren durch **unterschiedliche Lüftungsarten** („Fensterlüftung“ – „LtM“ – „Kombination Fensterlüftung/ LtM) und **lüftungstechnische Maßnahmen** (mechanisch/ ventilatorgestützt) erreicht werden kann, gilt dieses Vorgehen ebenso für die planerische Ermittlung und Festlegung von Lüftungsart und -system.

Sofern sich im Streitfall die Sollbeschaffenheit des Lüftungskonzepts nicht eindeutig aus den vertraglichen Vereinbarungen zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses oder einer

²⁵ Vgl. zum Aspekt der „Gesamtfunktionstauglichkeit“ im Bereich der (Abdichtungs)Planung bzgl. der Anschlussbereiche z.B. auch instruktiv OLG Düsseldorf, Urteil vom 17.02.2017 - 22 U 187/13

„nachträglichen“ Konkretisierung bzw. Anpassung des Leistungsversprechens auf Grundlage von Aufklärung und Beratung ergeben, ist im Rahmen der Vertragsauslegung zu berücksichtigen, welche Qualitätsanforderungen sich unter Berücksichtigung „der erläuterten und präzisierenden Erklärungen der Vertragsparteien, sonstigen vertragsbegleitenden Umständen, den konkreten Verhältnissen des Bauwerks und seines Umfeldes, dem qualitativen Zuschnitt, dem architektonischen Anspruch und der Zweckbestimmung des Gebäudes ergeben.“ (vgl. Ziff. 2.2.3).

Im Kontext der Erstellung von Lüftungskonzepten können sich Beschaffenheitsanforderungen vornehmlich aus den konkreten baulichen Randbedingungen und den spezifischen Nutzungsanforderungen ergeben. Risiken, die sich im Streitfall bei Ermittlung der Sollbeschaffenheit im Rahmen der Vertragsauslegung ergeben können, bergen stets ein unwägbares Risiko und sollten daher von den Beteiligten „proaktiv“ im Sinne einer vorausschauenden Risikoanalyse gestaltet und ggf. vertragsrechtlich aufgegriffen werden.

2.2.6 Sicherstellung der Funktionstauglichkeit - Grenze der „Entscheidungsfreiheit“ des AG

Sofern sich allerdings aus dem Vertragszweck ergibt, dass die Funktionstauglichkeit nur „auf einem Wege“ sichergestellt werden kann, darf dem Auftraggeber nicht die Entscheidungsfindung überlassen werden. So kann sich bei Erstellung von Lüftungskonzepten etwa schon aus den Nutzungsrandbedingungen und/ oder daraus resultierender Risiken ergeben, dass ausschließlich ein „nutzerunabhängiges“ Lüftungssystem sich als sicher geeignet darstellt, um den zum Feuchteschutz sowie sonstiger Zwecke notwendigen Luftwechsel sicher zu gewährleisten. Unter dem Gesichtspunkt der Funktionstauglichkeit kann sich daher auch die Notwendigkeit zur Planung lüftungstechnischer Maßnahmen ergeben.

Ebenso kann sich aus den Vorgaben des Auftraggebers schon unter dem Aspekt der Funktionstauglichkeit, dessen „Entscheidungsfreiheit“ im Hinblick auf die zur Verfügung stehenden Nachweisverfahren einschränken. So etwa, wenn Auftraggeber explizit die Berücksichtigung der Lüftungsart „Fensterlüftung“ als mögliche Maßnahme zur Sicherstellung erforderlicher Luftwechsel wünschen. Denn hier ist für den Planer ersichtlich, dass nicht alle Nachweisverfahren diese Option zur Verfügung stellen.

Diese aus dem funktionalen Mangelbegriffsverständnis resultierenden Zusammenhänge und Folgen veranschaulicht auch eine Entscheidung des BGH²⁶ zur Frage der Vereinbarungsbedürftigkeit „besonderer Lüftungsmaßnahmen“ als Voraussetzung für die Erfüllung des Vertragszwecks.

Der Entscheidung liegt folgender Sachverhalt zugrunde: Der Erwerber einer als Vermietungsobjekt genutzten 40 m² Souterrainwohnung klagte im Wege des großen Schadensatzes erfolgreich sowohl Rückzahlung des Kaufpreises (119.000 DM) als auch Ersatz von Folgeschäden (beschädigte Möbel, Mietausfall) wegen Schimmelpilzbefall gegen Rückübereignung der Wohnung ein. Infolge überhöhter Luftfeuchte und Tauwasserausfall war es zu Schimmelpilz- und Stockfleckbildung gekommen. Da die Wohnung lediglich mit zwei Fenstern ausgestattet war, konnte der erforderliche Luftwechsel - laut sachverständigen Feststellungen - weder mittels Quer- noch Ecklüftung erreicht werden, sondern nur über den nachträglichen Einbau einer Lüftungsanlage.

Das Berufungsgericht stellte zudem fest, dass „selbst nach Einbau von Lüftungsanlagen, die Wohnung [aufgrund ihrer baulichen Beschaffenheit (fehlende Möglichkeit der Quer-/ Ecklüftung)] besondere Anforderungen an Lüftung und Heizung stellen werde.“ Bei Ermittlung der vertraglich geschuldeten Gebrauchstauglichkeit berücksichtigte es rechtsfehlerfrei, dass die hier streitgegenständliche Wohnung in der für den Bauträger erkennbaren

²⁶ BGH, Urteil vom 21.03.2002 - VII ZR 493/00

Absicht erworben wurde, diese an tagsüber und an den Wochenenden nicht anwesende berufstätige alleinstehende Personen weiter zu vermieten.

Der Bauträger verweigerte den nachträglichen Einbau einer Lüftungsanlage, da die Nutzer für die Lüftung verantwortlich seien.

Zu dieser Auffassung führt der BGH aus: „*Die Wohnung ist mangelhaft, weil ihr ein Beschaffenheitsmerkmal fehlt, das für den nach dem Vertrag vorausgesetzten Gebrauch erforderlich ist. Da die Parteien die für eine ausreichende Lüftung der Wohnung erforderliche [täglich] zweimalige Stoßlüftung und den erforderlichen erhöhten Heizungsaufwand als Beschaffenheit und eine entsprechende Gebrauchstauglichkeit nicht vereinbart haben, schuldet der Beklagte die Beschaffenheit und die Gebrauchstauglichkeit der Wohnung, die der Kläger nach der Verkehrssitte erwarten durfte. [Er schulde daher] eine Gebrauchstauglichkeit, die besondere Lüftungsmaßnahmen und einen erhöhten Heizaufwand nicht erfordere.*“

Argumentation des BGH

Hier besteht also die Besonderheit darin, dass bereits der *bauvertraglich vorausgesetzte Gebrauch* (Was konnte Erwerber zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses erwarten?) überhaupt erst durch Vereinbarung „besonderer Lüftungsmaßnahmen“ und eines „erhöhten Heizaufwands“ hätte verschafft werden können. Denn nach den vom BGH für rechtsfehlerfrei erachteten Feststellungen der Vorinstanz, waren sogar nach Einbau von Lüftungskanälen zusätzliche Lüftungsmaßnahmen der Nutzer erforderlich, um die Wohnung in einem schadensfreien Zustand zu erhalten.

Dies bedeutet: Der Vertragszweck „schadensfreies Wohnen und hygienisches Raumklima in einer 40qm² - Souterrain Wohnung ohne (bautechnisch vorgesehene) Möglichkeit zur Quer-/ Ecklüftung, zum Zwecke der Vermietung an überwiegend abwesende berufstätige Personen“ hätte (selbst bei nachträglichem Einbau von Lüftungskanälen) nur erreicht werden können, wenn von vornherein ein bestimmtes zur Schadensvermeidung notwendiges Lüftungs-/ Heizverhalten (zwischen Bauträger und Erwerber) vereinbart worden wäre.

Weil eine solche Vereinbarung über den Vertragszweck nicht vorliegt, ist für die Beurteilung der Mängelhaftigkeit auf die übliche Beschaffenheit abzustellen, wonach der Erwerber eine Beschaffenheit erwarten konnte, die „*besondere Lüftungsmaßnahmen und einen erhöhten Heizaufwand nicht erfordere.*“

Diese in der Vergangenheit mitunter im Zusammenhang mit dem „Vereinbarungserfordernis“ lüftungstechnischer Maßnahmen zitierte Urteilsbegründung²⁷ stellt nach hier vertretener Auffassung allein klar, dass nach dem werkvertraglichen Mangelbegriff in erster Linie die nach dem Vertrag vorausgesetzte Funktionstauglichkeit Ausgangspunkt für die Beantwortung der Frage nach dem etwaigen Vereinbarungserfordernis lüftungstechnischer Maßnahmen ist. Aus ihr kann nach hier vertretener Ansicht nicht der v.a. generelle Schluss gezogen werden, dass „*eine zweimalige Stoßlüftung nicht zumutbar sei, wenn der Bauherr erkennbar alleinstehend und berufstätig ist.*“²⁸

²⁷ So etwa in „Erfordern die aRdT in Wohnungen eine kontrollierte Lüftung?“, Rechtsgutachten, RA Ditmar Lampe, Hrsg. Bundesverband für Wohnungslüftung e.V., 2014

²⁸ So z.B. Westfeld, Hans/ Lucenti, Sebastian, Belüftungsanforderungen von Wohngebäuden im Wandel und die Haftungsfolgen für Neu- und Altbauvorhaben, NZBau 2009 (Heft 5), 291, 295

2.3 Aufklärungs- und Beratungspflichten im Kontext funktionaler Leistungsverpflichtung – „Welcher Weg führt sicher zum Ziel?“

2.3.1 Funktion von Aufklärungs- und Beratungspflichten

Wie unter Ziff. 2.2.4. dargestellt, ist das Werk unabhängig davon, ob die Parteien bestimmte Leistungen zur Zielerreichung vereinbart haben oder die anerkannten Regeln der Technik eingehalten worden sind, mangelhaft, wenn es seine Funktion nicht erfüllt. Im Ergebnis dieses funktionalen Mangelbegriffsverständnisses ist es für den Werkunternehmer umso bedeutsamer im Blick zu haben, ob die zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses zur Erfüllung des Vertragszwecks vorgesehenen Leistungen auch sicher zum Ziel führen und/oder ob im Zuge des Planungsprozesses eine „nachträgliche“ Anpassung bzw. Einschränkung des Erfolgsversprechens geboten ist.

Im Kern geht es hier um die für alle Baubeteiligten gleichermaßen bedeutsamen Voraussetzungen für eine „haftungsbefreiende“ Rechtswirkung von Aufklärungs- und Beratungsleistungen.²⁹ Deren Wahrnehmung ist von wesentlicher Bedeutung für die nach dem Zeitpunkt Vertragsabschlusses, d.h. „nachträgliche“ Konkretisierung des Leistungsversprechens. Aus der Perspektive des Werkunternehmers sind sie daher ein **zentrales „Steuerungsinstrument“ für den Umgang mit Risiken**, die sich u.a. aus der vorgesehenen Ausführungsart bzw. den vereinbarten Leistungen, im Hinblick auf die Erreichung des versprochenen Ziels - den Werkerfolg – ergeben können.³⁰

Planern, Bauausführenden und sonstigen Baufachleuten wird – kraft überlegenen Fachwissens und -kompetenz – grundsätzlich die (rechtliche) Verantwortlichkeit dafür zugewiesene Risiken zu erkennen, die sich aus einer konkreten Planungs-/Bauaufgabe in technischer, wirtschaftlicher oder in sonstiger Weise im Einzelfall ergeben können.

Die Zuweisung der rechtlichen Verantwortlichkeit für solchermaßen identifizierte Risiken an den bautechnischen Laien „Auftraggeber/ Bauherr“ knüpft die Rechtsordnung jedoch seit jeher an bestimmte, aus diesem Interessengefüge „Profi- Laie“ resultierende Anforderungen. Diese sind von Werkunternehmern zwingend zu beachten, um deren Rechtsfolge der „Haftungsbefreiung“ für sich in Anspruch nehmen zu können. Der vertragsrechtlichen Handhabung von Prüf-/ Hinweis-/ Aufklärungs-/ und Beratungspflichten kommt damit eine **Schlüsselfunktion für eine wirksame Haftungskontrolle** der Baubeteiligten zu.

Deren Relevanz ist u. a. immer dann angezeigt ist, wenn „verschiedene Wege zum Ziel“ möglich sind, vor allem jedoch dann, wenn unterschiedliche Risiken technischer, wirtschaftlicher oder sonstiger Art mit diesen einhergehen, eine Abweichung von den aRdT „nach unten“ oder „nach oben“ im Raum steht oder aber fraglich ist, ob für den in Aussicht genommenen Weg überhaupt „praxisbewährte“ technische Regeln zur Verfügung stehen (siehe zu dieser auch in dieser Studie relevanten Konstellation des „ungewissen rechtlichen Status TR/ DIN-Normen unten Ziff. 2.4.3.).

2.3.2 Inhaltliche Anforderungen an Aufklärung und Beratung: Risiken und Folgen

Die hier anzutreffende überaus facettenreiche Rechtsprechung zeigt, dass sich Aufklärung und Beratung in inhaltlicher Hinsicht stets auf zwei Aspekte beziehen müssen: erstens sind die jeweiligen Risiken aufzuzeigen und zweitens müssen sodann die aus den konkreten Risiken resultierenden Folgen deutlich gemacht werden. Zu diesem Zweck sind Bau-

²⁹ Die nachfolgenden Ausführungen gelten uneingeschränkt für alle werkvertraglichen Leistungen. Für den VOB/B-Vertrag finden sich konkretisierende Regelungen zur Erteilung von Prüf- und Bedenkhinweisen in den §§ 13 Abs. 3 und 4 Abs. 3 VOB/B.

³⁰ Die nachfolgend dargestellten Anforderungen an Aufklärung und Beratung gelten auch für anderweitige „risikobehaftete“ Konstellationen wie u.a. den Einsatz „neuer/ unerprobter“ Verfahrensweisen, Abweichung von aRdT, Änderung aRdT – siehe hierzu eingehend unter Ziff. 4.3.4.

herrn - unter Berücksichtigung der vorhandenen Rahmenbedingungen bzw. Ausgangssituation - über die verschiedenen technisch machbaren und fachlich dem Stand der Technik entsprechenden Möglichkeiten zu beraten und jeweilige Vor- und Nachteile in für einen bautechnisch nicht bewanderten Laien hinreichend verständlichen Art und Weise aufzuzeigen.³¹

Erforderlich für eine haftungsrechtlich wirksame Aufklärung und Beratung ist demnach, dass Werkunternehmer auf die konkreten Risiken explizit hinweisen und sich der Bauherr in Kenntnis von Bedeutung und Tragweite dieser Risiken einverstanden erklärt. Diese Einverständniserklärung ist eine auftraggeberseitige Anordnung, die aus Beweisgründen (siehe dazu unten Ziff. 2.3.3) sowie zur Sicherung etwaiger Nachtragshonoraransprüche schriftlich erfolgen muss.

Diese Anforderungen waren von einem mit der Planung des sommerlichen Wärmeschutzes (Bürogebäude) beauftragten Fachingenieurs für Bauphysik erfüllt worden. In seinen "Bauphysikalischen Bearbeitungen einschließlich thermischer Simulationen" hatte er Architekt und Bauherrn darauf hingewiesen, dass die vom Architekten vorgesehenen „Stoff-Screens“ zwar grundsätzlich geeignet seien, jedoch die Verwendung von „Alu-Lamellen“ einen deutlich höheren Sonnenschutz und bessere Lüftungsmöglichkeiten ermögliche. Unter Verweis auf den Vergleich konkret ermittelter thermisch unbehaglicher Stunden betonte er, dass bei Verwendung von „Stoff-Screens“ „im Juli und August wohl geschwitzt werden müsse“ und „der Prozentsatz der unzufriedenen Mitarbeiter auf bis zu 20 % steige und damit deutlich höher sei als bei einem behaglich gekühlten Gebäude.“³²

Das Risiko „hohe Innenraumtemperaturen“ und die Folge „20% mehr unzufriedene Mitarbeiter“ stand dem Bauherrn deutlich vor Augen. Indem er sich (aus) Kostengründen gleichwohl für einen schlechteren sommerlichen Wärmeschutz mittels der Stoff-Screens entschied, hat er sich trotz besseren Wissens für ein ihm nachweislich bekanntes Risiko entschieden, sein Begehr auf Schadensersatz war daher abzulehnen.

Die Leitsätze dieser Entscheidung umreißen dabei die sowohl für Architekten als auch für Fachplaner (jeweils in ihrem Kompetenzbereich) geltenden **Grundsätze bei Aufklärung und Beratung**. Danach richten sich „*Inhalt und Umfang der Beratung nach ihrem Zweck, dem Auftraggeber eine sachgerechte Entscheidung darüber zu ermöglichen, welche Planung verwirklicht werden soll. Dazu gehört es, ihm die verschiedenen Planungsalternativen aufzuzeigen, ihn darüber aufzuklären, welche Möglichkeiten der Umsetzung bestehen und die jeweiligen Vorteile, Nachteile und Risiken zu erörtern. Er muss dabei sämtliche Umstände offenbaren, die nach der Verkehrsanschauung für die Willensbildung des Auftraggebers wesentlich sind.*“³³

Dies bedeutet, dass Inhalt und Umfang, die Reichweite von Aufklärungs- und Beratungspflichten sich stets nach den Umständen des Einzelfalls bestimmen. Maßgebliches Kriterium hierfür ist deren **Zweck, die Entscheidungsfähigkeit des Auftraggebers zu bewerkstelligen**. Welche Informationen für seine Willensbildung relevant sind und daher zu kommunizieren sind, bestimmt sich aus der Perspektive eines „objektiven Dritten“. Dabei sind die für die auftraggeberseitige Entscheidung relevanten Gegebenheiten stets in einer für den bautechnischen Laien verständlichen Sprache zu vermitteln, so dass bspw. die Darstellung schallschutztechnischer Qualitäten nicht (allein) über die Mitteilung von Schalldämmwerten erfolgen darf.³⁴

³¹ Z.B. OLG Düsseldorf, Urteil vom 17.02.2017 - 22 U 187/13; OLG Saarbrücken, Urteil vom 02.06.2016 - 4 U 136/15; BGH, Urteil vom 14.11.2017 - VII ZR 65/14 (Schneelast); BGH, Urteil vom 04.06.2009 - VII ZR 54/07 (Schallschutz)

³² vgl. OLG Düsseldorf, Urteil vom 06.03.2014 - 5 U 84/11; OLG Saarbrücken, Urteil v. 24.06.2003, 7 U 930/01

³³ vgl. OLG Düsseldorf, Urteil vom 06.03.2014 - 5 U 84/11; OLG Saarbrücken, Urteil v. 24.06.2003, 7 U 930/01

³⁴ Z.B. BGH, Urteil vom 04.06.2009 - VII ZR 54/07 (Schallschutz)

Der Rahmen der Aufklärungs- und Beratungspflichten und ihre Grenzen ergeben sich – ebenso wie bei Bauverträgen nach BGB und VOB/B (dort konkretisiert in den §§ 13 III, 4 III) – aus dem Grundsatz der Zumutbarkeit, wie sie sich nach den besonderen Umständen des Einzelfalls darstellt. Was hiernach zu fordern ist, bestimmt sich in erster Linie durch das vom Werkunternehmer zu erwartende Fachwissen und durch alle Umstände, die bei hinreichend sorgfältiger Prüfung als bedeutsam erkennbar sind.³⁵

2.3.3 Anforderungen an die Darlegungs- und Beweislast

Entsprechend dem das Prozessrecht (allgemein) beherrschenden Grundsatz erstreckt sich die Darlegungs- und Beweislast stets auf die anspruchsgrundenden Tatsachen. Dies bedeutet, dass derjenige, der sich auf einen „Anspruch“ (Rechtssatz) beruft auch die diesen begründenden Tatsachen darlegen und beweisen muss. Aus diesem Grund stehen Werkunternehmer in der volumnfänglichen Darlegungs- und Beweislast, wenn sie einwenden, dem Auftraggeber Bedenkhinweise³⁶ erteilt zu haben bzw. Planer kundtun, dem Auftraggeber hinsichtlich des strittigen Sachverhalts hinreichend aufgeklärt und beraten zu haben. Hieraus folgt zunächst, dass Hinweise bzw. Aufklärungs- und Beratungsleistungen aus Beweisgründen zwingend schriftlich erfolgen müssen. Ebenso sollten die auf dieser Grundlage herbeigeführten Entscheidungen des Auftraggebers schriftlich dokumentiert sein.

An dieser Hürde scheitern in der Rechtsprechungspraxis zahlreiche Einwände von Werkunternehmern. So auch der Einwand des im oben geschilderten Sachverhalt mit der (Souterrain)Sanierungsplanung beauftragten Planers, der Bauherr habe „[...] aus Kostengründen und in Kenntnis des Risikos von Feuchteschäden auf die notwendige Bestandsanalyse zur Untersuchung der Feuchtigkeitsursachen sowie auf Abdichtungsmaßnahmen verzichtet.“ Denn – so konstatiert das Gericht: „[...], dass [er] **auch nicht darlege, dass er den Bauherrn darauf hingewiesen hätte, dass ohne die Beauftragung der Bestandserfassung und Bestandsanalyse eine mangelfreie Leistung nicht möglich sei.** Unerheblich ist auch der Vortrag [...], das Souterrain habe zwar ursprünglich trocken gelegt werden sollen, der Kläger habe aber aus Kostengründen hiervon Abstand genommen. **Der Architekt ist u. a. dazu verpflichtet, die Probleme, die sich aus der Bauaufgabe, den Planungsanforderungen und den Zielvorstellungen ergeben, zu untersuchen, zu analysieren und zu klären. Die sachgerechte Beratung schließt es ein, dass die Risiken erörtert werden und der Architekt dem Bauherrn hinreichend vor Augen führt, welche Folgen mit einer bestimmten Ausführung des Bauvorhabens verbunden sind.**[...].“³⁷

[Schließlich habe der Planer auch] „für seine Darstellung, der Kläger habe unter Inkaufnahme des Risikos des Auftretens von Feuchtigkeit auf Abdichtungsmaßnahmen verzichtet, keinen Beweis angetreten. [Denn damit] macht er geltend, dass der funktional zu bestimmende Erfolg der von ihm geschuldeten Planung dahin abgeändert worden sei, dass sich der Kläger nachträglich mit einer riskanten Ausführung einverstanden erklärt habe. **Dafür, dass der von ihm geschuldete Erfolg nachträglich eingeschränkt worden ist, ist der Unternehmer darlegungs- und beweispflichtig.**“

³⁵ Z.B. BGH, Urteil vom 08.11.2007 - VII ZR 183/05 (Blockheizkraftwerk)

³⁶ Dieselben Grundsätze gelten im BGB-Bauvertrag und VOB/B-Vertrag bei Erteilung von Bedenkhinweisen nach §§ 13 III, 4 III VOB/B

³⁷ OLG Düsseldorf, Urteil vom 07.05.2019 - 23 U 142/18

2.3.4 Zwischenfazit: Aufklärungs- und Beratungspflichten bei Erstellung von Lüftungskonzepten – Folgen für die Vertragspraxis

In Anbetracht des technischen Sachstandes kann nicht nur das Ziel einer „funktionstauglichen Wohnungslüftung“ durch unterschiedliche lüftungstechnische Maßnahmen (mechanisch/ ventilatorgestützt) und Lüftungsarten („Fensterlüftung“ – „LtM“ – „Kombination Fensterlüftung/ LtM“) erreicht werden, sondern auch der rechnerische Nachweis notwendiger Luftwechsel auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Hinzu kommt, dass in Deutschland erstmals mit der DIN/TS 4108-8 ein „ingenieurmäßiges Berechnungsverfahren“ für die Ermittlung notwendiger Luftwechsel mittels der Lüftungsart Fensterlüftung zur Verfügung steht.

Auch bei Erstellung von Lüftungskonzepten kann sich eine wirksame Haftungskontrolle zuvorderst aus einer – auf die konkrete Situation bezogenen - vertraglichen Risikoverteilung ergeben. Zentrales „Steuerungsinstrument“ ist dabei die Erfüllung von Prüf-/ Hinweis-/ Aufklärungs-/ und Beratungspflichten und die auf dieser Grundlage erfolgende vertragliche Zuweisung rechtlicher Verantwortlichkeit für – zuvor identifizierte und konkret kommunizierte - etwaige Risiken.

Im Ergebnis des technischen Sachverhalts, vertragsrechtlich relevanter bauordnungsrechtlicher (normativer) Aussagen und unter Zugrundelegung der rechtlichen Anforderungen an Aufklärung- und Beratung können sich bei Erstellung von Lüftungskonzepten folgende aufklärungs- und beratungsrelevante Aspekte ergeben:

Zwecke der Wohnungslüftung

- Auftraggeber sollten zunächst erfahren, dass nach dem Bauordnungsrecht eine Wohnungslüftung und dementsprechende Planung zu bestimmten Zwecken erfolgen muss, namentlich um
 - den gesetzlichen Mindestwärmeschutz unter dem Aspekt des Bautenschutzes (Schimmelpilzvermeidung) und unter dem gesundheitlichen Aspekt hygienischer raumklimatischer Verhältnisse sicherzustellen
 - den sommerlichen Wärmeschutz (hohe/ erhöhte Nachtlüftung) nach dem Energieeinsparrecht zu gewährleisten und etwaige hierdurch bedingte Lüftungswärmeverluste energetisch zu bilanzieren
 - die in Abhängigkeit vom Heizsystem notwendige Zufuhr von Verbrennungsluft sicherzustellen

Unterschiedliche Lüftungsarten /-systeme möglich

- Auftraggeber sind darüber in Kenntnis zu setzen, dass nach den gesetzlichen Vorgaben eine Wohnungslüftung grundsätzlich sowohl ausschließlich mittels LtM als auch ebenso ausschließlich mittels Fensterlüftung sowie durch eine Kombination von LtM und Fensterlüftung erfolgen kann. Sie sind darüber zu informieren, dass die Auswahl des technisch zur Sicherstellung notwendiger Luftwechsel in Betracht kommenden Lüftungssystems von den baulichen Beschaffenheiten und den Nutzungsbedingungen im Einzelfall abhängig ist.

Ausnahme: fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten

- Ausgenommen von dieser grundsätzlichen „Wahlfreiheit“ sind fensterlose Küchen, Bäder und Toiletten; diese sind zwingend durch eine mechanische Lüftungsanlage zu entlüften und mit einer Zuluftversorgung auszustatten (MVV/ TB A 3.2.6 i.V.m. der Bauaufsichtlichen Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen, Ausgabe April 2009)

Unterschiedliche Nachweisverfahren – Vor-/ Nachteile

- Auftraggeber/ Bauherren sind darüber zu informieren, dass für Ermittlung und Nachweis notwendiger Luftwechsel verschiedene Nachweisverfahren existieren und in welcher Hinsicht sich diese voneinander unterscheiden (detaillierte/ pauschalierte Nutzungsrandbedingungen; Berücksichtigung Lüftungsart Fensterlüftung).

Sofern im Ergebnis auftraggeberseitiger Nutzungsanforderungen mehrere Nachweisverfahren zur Sicherstellung einer funktionstauglichen Wohnungslüftung technisch in Betracht kommen, sind Auftraggeber unter Beachtung der nach Ziff. 2.3.2 dargelegten rechtlichen Anforderungen über deren Geeignetheit für die Erfüllung des konkreten Vertragszwecks zu beraten.

In diesem Zusammenhang sind Auftraggeber darüber aufzuklären, ob und in welchem Umfang sich aus den verschiedenen Nachweisverfahren bzw. den rechnerisch zugrunde gelegten (pauschalierten/ detaillierten) Nutzungsrandbedingungen Vor-/ Nachteile ergeben können im Hinblick auf die (qualitative) Sicherstellung der Einhaltung bauordnungsrechtlicher Schutzziele sowie zur Erreichung des Vertragszwecks. In Abhängigkeit von diesem sind alle Umstände aufklärungs- und beratungsrelevant, die für die *Willensbildung des Auftraggebers* im Hinblick auf die Entscheidung für oder gegen ein Nachweisverfahren maßgeblich sind. Von Relevanz dürfte hier für den bautechnischen Laien u.a. die Information sein, dass

- nicht alle Nachweisverfahren die Lüftungsart Fensterlüftung berücksichtigen
- in Abhängigkeit vom gewählten Nachweisverfahren eine Konkretisierung von Nutzungsrandbedingungen möglich ist und welche Vor- und Nachteile (technisch/ wirtschaftlich) sich hieraus für den Auftraggeber ergeben können
- nur auf Grundlage des Nachweises (rechnerisch ermittelter) notwendiger Luftwechsel der Auftraggeber eine Entscheidung über das Lüftungssystem treffen kann und „Wechselwirkungen“ zwischen gewählten Nachweisverfahren und in Betracht kommender Lüftungssysteme sowie korrelierender Kosten (Planungsmehraufwand, Investitionskosten, Gesamtkosten u.a.) bestehen.

Unterschiedliche Lüftungssysteme – Vor- und Nachteile

- Sofern im Ergebnis auftraggeberseitiger Nutzungsanforderungen unterschiedliche Lüftungssysteme zur Sicherstellung einer funktionstauglichen Wohnungslüftung technisch in Betracht kommen, sind Auftraggeber unter Beachtung der nach Ziff. 2.3.2 dargelegten rechtlichen Anforderungen über deren verschiedene Eigenschaften (siehe T Ziff. 6) zu beraten.

Mögliche Vor- und Nachteile im Hinblick auf die Erfüllung des konkreten Vertragszwecks sind aufzuzeigen. Ergeben sich hieraus für den Planer erkennbare Risiken, müssen diese aufgezeigt und deren Folgen für die Qualität (Beschaffenheiten) der Wohnungslüftung deutlich vor Augen geführt werden. Denn nur dann kann nach der Rechtsprechung angenommen werden, dass Auftraggeber **Bedeutung und Tragweite der von ihnen zu treffenden Entscheidung für oder gegen ein Risiko** bewusst ist und Planer damit ihre Pflicht erfüllen, Auftraggeber eine sachgerechte Entscheidung zu ermöglichen.

2.4 „Konkretisierung der „gewöhnlichen Verwendungseignung“ bei Erstellung von Lüftungskonzepten

Auch wenn sich bereits wichtige Antworten auf die Frage: „Was schuldet ein Planer, auch wenn nichts vereinbart ist?“ aus dem funktionalen Mangelbegriff ergeben, folgen weitere - für die Beantwortung dieser Frage – etwaig bedeutsame vertragsrechtliche Aspekte aus

der Betrachtung der rechtlichen Kriterien zur Konkretisierung des sog. „technischen Mindeststandards“, der mit der 3. Stufe des Mangelbegriffs korrespondiert.

Im Hinblick auf die vertragsrechtlich relevanten Aspekte bei Erstellung von Lüftungskonzepten rückt nunmehr die Frage nach der vertragsrechtlichen Bedeutung technischer Normen (wie der DIN 1946-6: 2019-12, DIN TS 4108-8, PHPP u.a.) im Rahmen der Mangelbeurteilung in den Fokus.

Ausgangspunkt: Einhaltung aRdT

Maßgeblich für die Mangelbeurteilung ist die Einhaltung der aRdT zum Zeitpunkt der Abnahme. Ein Verstoß gegen die aRdT begründet regelmäßig die Mangelhaftigkeit der Werkleistung. Umgekehrt kann eine Leistung selbstverständlich auch trotz Einhaltung der aRdT mangelhaft sein, wenn eine über diesen Mindeststandard hinausgehende - oder aber auch davon abweichende - Beschaffenheit vereinbart worden ist. Dies gilt ebenso in all jenen Fällen, in denen das Werk nicht funktioniert – und zwar unabhängig davon, ob die Einhaltung der aRdT bzw. ein bestimmter Leistungsumfang zur Zielerreichung vereinbart worden ist (Ziff. 2.2.4).

2.4.1 Konkretisierung der „gewöhnlichen Verwendungseignung“ durch anerkannte Regeln der Technik

Die Inhalte technischer Regelwerke oder technischer Normen können nur dann den Status einer „anerkannten Regel der Technik“ für sich in Anspruch nehmen, wenn sie die folgenden Kriterien kumulativ erfüllen: der jeweilige Inhalt der Technischen Regel muss sich zunächst als **theoretisch richtig** erweisen. Dies bedeutet, dass der für die Beantwortung einer technischen Frage herangezogene Inhalt des Regelwerks wissenschaftlich nicht umstritten ist bzw. ein „mehrheitlicher Konsens“ feststellbar ist.

Bei dieser Beurteilung ist maßgeblich der „Kreis der für die Anwendung der betreffenden Regeln maßgeblichen, nach dem neuesten Erkenntnisstand vorgebildeten Techniker“. Entscheidend ist damit die Perspektive der durch die Technische Regel adressierten Fachleute, wobei diesen ein durchschnittlich erwartbares Fachwissen und aktueller Kenntnisstand in Bezug auf ihren jeweiligen Kompetenzbereich unterstellt werden darf. Auch hier ist demnach der bereits erwähnte „objektive Empfängerhorizont“ maßgeblich für die Ermittlung des Erklärungsinhaltes der Technischen Regel. Zu beachten ist, dass die aRdT auch durch mündlich überlieferte, ungeschriebene technische Regeln konkretisiert werden können, woran auch der BGH³⁸ in Fortsetzung ständiger Rechtsprechung stets erinnert.

Sodann muss der betreffende Inhalt der Technische Regel in den durch diese Regel adressierten Fachkreisen **„durchweg bekannt“** sein. Und schließlich muss der Inhalt der Technischen Regel in den adressierten Fachkreisen **„aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung als technisch geeignet, angemessen und notwendig anerkannt sein“**.³⁹

Dieses zuletzt genannte Merkmal – die **„fortdauernde Praxisbewährung“** ist das „K.O.-Kriterium“ für die rechtliche Einordnung des Inhaltes einer Technischen Regel oder einer Norm als „anerkannte Regel der Technik“ im Sinne des Zivilrechts: nur wenn sich dieser

³⁸ BGH, Urteil vom 21.11.2013 - VII ZR 275/12 - zur Notwendigkeit der Gefälleausbildung einer Hof- und Zugangsfläche einer Wohnanlage

³⁹ Vgl. zum Begriffsverständnis z.B. Quack, Friederich, Wie viel Technik enthält die VOB/C und woran erkennt man Technik im Unterschied zu anderen Inhalten der VOB/C?, BauR 2008, 1204ff.; Quack, Friederich, Zum Problem der Evaluierung technischer Regeln, BauR 2010, 863, 867; Ziegler, Thomas, Eine Anerkannte Regel der Technik ist keine Anerkannte Regel der Technik – Überlegungen zu Funktion und Feststellung der Anerkannten Regeln der Technik im öffentlichen und privaten Baurecht, ZfBR 2009, 316ff. sowie Seibel, Marc, Konkretisierung der „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ – insbesondere außerhalb von schriftlichen technischen Regelwerken, BauR 2014, 909; Seibel, Marc, Bauvertraglich geschuldete Leistung, „allgemein anerkannte Regeln der (Bau-)Technik“ und technische Normen; umfassend zum Thema: Seibel, Marc, Baumängel und anerkannte Regeln der Technik – Handbuch für Bauingenieure, C.H. Beck Verlag, 2009

aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung als technisch geeignet, angemessen und notwendig erwiesen hat, kann er als „*anerkannten Regel der Technik*“ im Sinne des Zivilrechts qualifiziert werden. Inhalt von Technischen Regeln/ DIN-Normen, die dieses Kriterium nicht erfüllen, werden zivilrechtlich dem Technikstandard „*Stand der Technik*“ zugeordnet.

Dieses Begriffsverständnis wurzelt in einer Entscheidung des Reichsgerichts aus dem Jahr 1910.⁴⁰ Trotz der praktischen Schwierigkeiten im Hinblick auf Ermittlung und Feststellung des Status einer technischen Regel wird nach herrschender Rechtslehre und Rechtsprechung an diesem Begriffsverständnis festgehalten; noch immer aktuell sind dazu folgende Erwägungen⁴¹:

„Die Regel ist theoretisch richtig, wenn sie ausnahmslos wissenschaftlicher Erkenntnis entspricht und keinem Meinungsstreit ausgesetzt ist. [...] Bei einer Aussage darüber, ob eine aRdT besteht, kann es immer nur darauf ankommen, ob sich eine Regel im Kreise der für die Anwendung der in Betracht kommenden Personen durchweg als richtig durchgesetzt hat. Dies festzustellen ist äußerst schwierig: eine zutreffende Aussage hierüber lässt sich [...] nur durch eine umfassende Erhebung [...] bei dem in Betracht kommenden Personenkreis machen. [...] Die strengen Anforderungen für die Feststellung einer aRdT aufgeben hieße, den Begriff als solchen aufzugeben. [...]“

Und zur rechtlichen Bedeutung technischer Normen im Kontext der Ermittlung und Feststellung einer aRdT führt derselbe Autor aus: „[...] Die Ungewissheit, ob eine Norm eine aRdT enthält oder nicht, wäre für jeden Bauschaffenden unerträglich, wenn nicht Beweisvermutungen den in Regelwerken zusammengefassten Normen zur rechtlichen Brauchbarkeit verhelfen würden. [...] Wenn der Architekt verpflichtet ist, nach aRdT zu bauen, dann erhebt sich die Frage, ob er schlechthin nach Normen bauen darf. Dem ist aber nicht so. [...] Eine Norm enthält nur dann eine aRdT, wenn das in ihr schriftlich Festgehaltene mit dem identisch ist, was sich als theoretisch richtig erwiesen und sich in der Praxis bewährt hat. Wird in das Normenwerk jedoch eine Regel aufgenommen, deren theoretische Richtigkeit ungewiss und deren praktische Bewährung noch aussteht oder noch nicht sicher festzustellen ist, dann kann die Norm nicht einer aRdT gleichgeachtet werden.“

Für jede Norm spricht die [...] Identitätsvermutung. [...] Wer behauptet, dies sei nicht so, [muss beweisen], dass die Norm theoretisch unrichtig ist [...] oder dass sie sich in der Praxis nicht bewährt hat. [...]“ (siehe dazu Ziff. 4.2.2.)

Technikstandards im Zivilrecht: aRdT und Stand der Technik – Begriffsverständnis

Der unbestimmte Rechtsbegriff der aRdT besteht damit aus dem Element der wissenschaftlichen Anerkennung und dem Element der praktischen Bewährung, wobei beide Merkmale voraussetzen, dass die jeweilige Regel der Ansicht der überwiegenden Mehrheit der technischen Fachleute entspricht.

Die aRdT wandeln sich fortwährend entsprechend Entwicklung und Stand der jeweiligen technischen Anerkennung.⁴² Demgegenüber unterscheiden sich technische Norminhalte, die dem „Stand der Technik“ entsprechen zivilrechtlich von den „aRdT“ dadurch, dass sie sich „(noch) nicht“ praktisch bewährt haben. In der Regel handelt es sich um technische Standards, die im Vergleich zu den aRdT „mehr“ oder „andere technische und/ oder wirtschaftliche“ Risiken aufweisen. Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass die Anforderungen an Aufklärung und Beratung (Ziff. 2.3.3) auch unter diesem Aspekt bedeutsam sind.

⁴⁰ RG, Urt. v. 11.10.1910 - IV 644/10

⁴¹ Soergel, C., Tauwasserbildung in Außenwänden: Kritische rechtliche Anmerkungen zu einem Urteil des OLG Hamm, DAB 1983, Heft 10, S. 1045ff

⁴² vgl. grundlegend zur Frage der Haftung bei Änderung aRdT nach Vertragsabschluss aktuell BGH, Urteil vom 14.11.2017 - VII ZR 65/14 (Schneelast) sowie u.a. bereits BGH, Urteil vom 22.10.1970 - VII ZR 90/68 = BauR 1971, 58ff. und BGH, Urteil vom 12.10.1967 - VII ZR 8/65 (Flachdachentscheidungen) und OLG Frankfurt, Urteil vom 27.05.1981 - 17 U 82/80 (Blasbachbrückental)

2.4.2 Konkretisierung aRdT durch Technische Regeln / DIN-Normen

2.4.2.1 Vertragsrechtliche Bedeutung von DIN-Normen

Technische Regeln (TR), DIN-Normen oder sonstige kodifizierte Regelwerke⁴³ können die aRdT wiedergeben, hinter diesen zurückbleiben⁴⁴ oder aber ggf. zunächst dem „Stand der Technik“ entsprechen⁴⁵. Im letzten Fall steht – bei juristischem Begriffsverständnis – ihre praktische Bewährung noch aus.⁴⁶ Auch bei einer Abweichung von DIN-Normen kann deren bezeichneter Erfolg erreicht werden.⁴⁷

Schließlich können DIN-Normen schlichtweg fehlerhaft sein⁴⁸, weswegen in den „Grundsätzen für das Anwenden von DIN-Normen“ (DIN 820-1:2014-06) auch darauf hingewiesen wird, dass „die Norm nicht einzige, sondern nur eine Erkenntnisquelle für technisch - ordnungsgemäßes Verhalten im Regelfall ist“ und „sich das Anwenden der Norm wider besseres eigenes Wissen verbietet“. ⁴⁹ Wird in das Normenwerk eine Regel aufgenommen, deren theoretische Richtigkeit ungewiss und deren praktische Bewährung noch aussteht oder noch nicht sicher festzustellen ist, kann die Norm nicht einer aRdT gleichgeachtet werden.⁵⁰

Da es sich durchweg um private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter handelt⁵¹, ist deren Einhaltung (zunächst) nicht von Bedeutung für den Begriff der aRdT bzw. die Beantwortung der Frage, ob ein Werk den aRdT entspricht. Denn im Rahmen der Baumangelbeurteilung haben sie aus sich heraus keine unmittelbare materiell-rechtliche Wirkung im Sinne einer Gesetzesqualität⁵²; als private technische Regelwerke begründen sie keine Rechte und Pflichten⁵³, es sei denn ihre Einhaltung wird – im Rahmen der Vertragsfreiheit (!) – ausdrücklich vereinbart. Doch selbst in diesem Fall gilt: auch eine „vereinbarungsgemäß“ DIN-gerechte Planung kann – ebenso wie eine den aRdT entsprechende Leistung - mangelhaft sein, wenn sie nicht funktionstauglich ist (Ziff. 2.2.4).

Nach ständiger Rechtsprechung ist die Einhaltung einer DIN-Norm daher weder gleichzusetzen mit der Einhaltung der aRdT noch mit der Lieferung einer mangelfreien Leistung. Die Nichtbeachtung einer DIN-Norm kann, muss aber nicht zu einem Mangel führen. Die Inhalte technischer Normen können nur dann den „rechtlichen Status“ einer aRdT für sich in Anspruch nehmen, wenn sie die Kriterien des Begriffs der aRdT als allgemeinem Prüfungsmaßstab erfüllen.⁵⁴ Und erst bei Erfüllung dieser Voraussetzung können sie kraft der ihnen zugestandenen beweisrechtlichen Bedeutung streitentscheidende Relevanz erlangen.

⁴³ Wie u.a. VDI-Richtlinien (Verein Deutscher Ingenieure), VDE-Vorschriften (Verband Deutscher Elektrotechniker), Flachdachrichtlinie

⁴⁴ BGH, Urteil vom 14.05.1998 – VII ZR 184/97 (Schallschutz)

⁴⁵ So z.B. OLG Celle, Urteil vom 02.11.2011 - 14 U 52/11

⁴⁶ Instruktiv Kamphausen, Peter – Bauschäden-Sammlung, Band 13, Günter Zimmermann (Hrsg.), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2001. Anhand von Fallgruppen erfolgt Verdeutlichung der Übereinstimmung bzw. Abweichung zwischen Norminhalten und aRdT für DIN 18195.

⁴⁷ OLG Celle, Urteil vom 02.11.2011 - 14 U 52/11

⁴⁸ Dazu instruktiv Quack, Friedrich, „Zum Problem der Evaluierung technischer Regeln“, BauR 2010, 863ff.; Meier, Claus, „DIN - viele fragwürdige Regelungen“, Der Bausachverständige 2008 (Heft 6), S. 34ff und ders. „DIN - eine Standortbestimmung“, Der Bausachverständige 2008 (5), S. 28ff.

⁴⁹ Fassung DIN 820-1:2014-06 dort unter Ziff. III, Nr. 1 und Nr. 5 abrufbar unter <https://www.din.de/blob/76670/453c5347866dd98dd4ece87381d8a933/grundsaezze-fuer-das-anwenden-von-din-normen-data.pdf>

⁵⁰ Vgl. hierzu eindringlich Soergel, C., „Tauwasserbildung in Außenwänden: Kritische rechtliche Anmerkungen zu einem Urteil des OLG Hamm“, DAB 1983, Heft 10, S. 1045ff.

⁵¹ BGH, Urteil vom 14.05.1998 – VII ZR 184/97

⁵² Wie unter Ziff. 1.2 dargelegt haben jedoch die durch das Bauordnungsrecht (MVV/TB) in Bezug genommenen Normen eine bereits öffentlich-rechtliche Bedeutung, da diese vom Gesetzgeber zur Konkretisierung bauordnungsrechtlicher Schutzziele herangezogen werden und daher von den Normadressaten zu beachten sind.

⁵³ Hierzu umfassend und noch immer aktuell Siegburg, Peter, „Anerkannte Regeln der Technik – DIN-Normen“, BauR 1985, 367, 370

⁵⁴ BGH, Urteil vom 04.06.2009 - VII ZR 54/07 (Schallschutz)

2.4.2.2 Beweisrechtliche Bedeutung von DIN-Normen

Nach herrschender Auffassung besteht sowohl für den Bereich des öffentlichen wie des privaten Baurechts zugunsten des Normenwenders die tatsächliche, jedoch jederzeit widerlegbare Vermutung, dass die Inhalte von DIN-Normen⁵⁵ den aRdT entsprechen (Identitätsvermutung).⁵⁶ Des Weiteren indiziert die Anwendung der Norm die Vermutung der Einhaltung der im Verkehr üblichen Sorgfalt (Sorgfaltsvermutung). Insoweit ist auch von einer **sog. doppelten Beweisvermutung** die Rede. Danach wird zugunsten des Normenwenders vermutet, dass dieser bei Anwendung der DIN-Norm entsprechend den aRdT plant bzw. ausführt und hierbei auch mit der im Geschäftsverkehr üblicherweise zu erwartenden Sorgfalt handelt. Hintergrund ist u.a. die Erwägung, dass die Ungewissheit, ob eine Norm eine aRdT enthält oder nicht, „*für jeden Bauschaffenden unerträglich wäre, wenn nicht Beweisvermutungen den in Regelwerken zusammengefassten Normen zur rechtlichen Brauchbarkeit verhelfen würden.*“⁵⁷

Beweislaständerung durch Vermutungsregel

Diese Vermutung hat nach allgemeiner Ansicht eine echte Beweislaständerung zur Folge, wonach derjenige, der den Inhalt einer DIN-Norm bestreitet, deren Fehlerhaftigkeit zu beweisen hat. Hieraus resultieren nachfolgend dargestellte Beweislastregeln.⁵⁸

Nach dieser Vermutungsregel hat der Werkunternehmer die aRdT beachtet, wenn er nachweist, dass seine Leistung den einschlägigen DIN-Normen oder sonstigen überbetrieblichen Normen entspricht; dem ersten Anschein nach kann er die (widerlegbare) Tatsachenvermutung ordnungsgemäßer Arbeit für sich in Anspruch nehmen.⁵⁹

Behauptet der Auftraggeber, dass der Unternehmer trotz Einhaltung der DIN-Normen die aRdT verletzt habe, muss er dies beweisen, um den Anscheinsbeweis zu erschüttern.⁶⁰ Aus der durch die Vermutungsregel indizierten Beweislaständerung resultiert umgekehrt: wenn der Werkunternehmer die zur Konkretisierung der aRdT heranzuhaltenden „DIN-Vorgaben“ nicht beachtet hat, spricht der Beweis des ersten Anscheins für eine mangelhafte Leistung.⁶¹ Behauptet der Auftraggeber einen Mangel, obliegt dem Bauunternehmer der „volle“ Beweis dafür, dass er gleichwohl die allgemein anerkannten Regeln der Bau-technik eingehalten hat⁶² bzw. die eingetretenen Schäden nicht auf der Verletzung der DIN-Norm beruhen.⁶³

Feststellung der aRdT im Bauprozess

Im Streitfall bleibt die Herausforderung zu beweisen, dass die der Planung bzw. Ausführung zugrunde gelegten technischen Regeln den geltenden aRdT zum Zeitpunkt der Ab-

⁵⁵ Diese Beweisvermutung kann auch bzgl. sonstiger kodifizierter (überbetrieblicher) Regelwerke in Abhängigkeit von deren jeweiligen „Normsetzungsverfahren“ (v.a. Sicherstellung der Beteiligung sämtlicher adressierter Fachkreise) gelten.

⁵⁶ Seibel, Marc, Baumängel und anerkannte Regeln der Technik – Handbuch für Baujuristen, C.H. Beck Verlag, 2009, Rn 150

⁵⁷ Soergel, C., Tauwasserbildung in Außenwänden: Kritische rechtliche Anmerkungen zu einem Urteil des OLG Hamm, DAB 1983, Heft 10, S. 1045ff.

⁵⁸ Vgl. zu den folgenden Ausführungen Werner/Pastor Rn 1969; Siegburg, Peter, Anerkannte Regeln der Technik – DIN-Normen, BauR 1985, 367, 384

⁵⁹ Ingenstau/ Korbion - Oppler § 4 II VOB/B Rn 59

⁶⁰ siehe dazu BGH, Urteil vom 24.05.2013 - V ZR 182/12, wobei der BGH vom irreführenden Begriff „Stand der der allgemein anerkannten Regeln der Technik spricht“

⁶¹ z.B. OLG Jena, Urteil vom 21.04.2005 - 1 U 1578/98; Ingenstau/ Korbion - Oppler § 4 II VOB/B Rn 59 mit weiteren Nachweisen

⁶² diese Beweislastverteilung veranschaulicht z.B. BGH, Urteil vom 24.05.2013 - V ZR 182/12 sowie OLG Brandenburg, Urteil vom 18.06.2009 - 12 U 164/08 - zur Widerlegung der Vermutung eines Verstoßes gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik infolge einer Nichteinhaltung der Anforderungen der DIN 18195, Teil 6

⁶³ z.B. OLG Brandenburg, Urteil vom 18.06.2009 - 12 U 164/08

nahme entsprochen haben. Dies kann im Zweifel nur durch Einholung eines Sachverständigengutachtens geklärt werden.⁶⁴ Die technischen Regelwerke selbst sind als sog. „antizipierte Sachverständigengutachten“ zu qualifizieren, die Zivilgerichte sind nicht an diese gebunden. Sie können daher allenfalls als Orientierungshilfe für die Feststellung, ob eine aRdT verletzt ist, herangezogen werden.⁶⁵

Doch auch dann bleibt die Frage nach welchen Grundsätzen die strittigen Normen auszulegen sind.⁶⁶ Soweit schriftliche Regelwerke nicht existieren oder wenn der Sachverständige überprüfen muss, ob die in einem schriftlichen Regelwerk enthaltenen Anforderungen (noch) aktuell sind und/ oder deren Richtigkeit im Prozess bestritten wird, bieten sich folgende Möglichkeiten zur Konkretisierung der aRdT, also der Feststellung, ob die betreffenden Regelungen der vorherrschenden Ansicht der Fachleute entsprechen und als praktisch bewährt gelten⁶⁷: dies kann erfolgen durch Untersuchungen (Baustoffprüfungen, Labortests, Berechnungen etc.), Auswertung von Schadensfällen, Literaturauswertung, Analyse von Statistiken, fachlicher Erfahrungsaustausch (z. B. in Sachverständigen-Netzwerken), eventuell auch Durchführung einer Befragung von Fachleuten.

Diese Ansätze sind stets im Hinblick auf ihre Zuverlässigkeit und Eignung zu prüfen, wobei insbesondere die Auswertung von Schadensfällen und Meinungsumfragen⁶⁸ unter Fachleuten mit Zurückhaltung als geeignete Möglichkeiten betrachtet werden. Meinungsumfragen unter Bausachverständigen seien abzulehnen, da sowohl die Auswahl derer, die an einer solchen Meinungsumfrage beteiligt werden als auch die Zahl der Antworten wie auch schließlich Auswahl von in Bezug genommenen Bauschadensfällen zufällig sei.

2.4.3 Zwischenfazit: Vertragsrechtliche Bedeutung Technischer Regeln/ DIN-Normen zur Konkretisierung aRdT bei Erstellung von Lüftungskonzepten – Folgen für die Vertragspraxis

Die entscheidende Frage muss daher lauten: Wie können Baubeteiligte die soeben dargestellten Unwägbarkeiten, die im Streitfall aus der Unsicherheit resultieren können, ob eine Technischen Regel/ DIN-Norm als „anerkannte Regel der Technik“ zu qualifizieren ist, vertragsrechtlich zielführend handhaben? Oder – aus der planerischen Perspektive betrachtet: Wie können die technischen, wirtschaftlichen sowie ggf. sonstigen Risiken, die mit der Anwendung solcherart „risikobehafteter“ „Technischer Regeln/ DIN-Normen mit ungewissen rechtlichen Status“ einhergehen, im Sinne maximaler Planungssicherheit praktisch aufgegriffen und rechtssicher bewältigt werden?

⁶⁴ Werner/ Pastor Rn 1977; Kniffka, ibr-online-Kommentar Bauvertragsrecht, Stand: 23.06.2014, § 633 Rn 34; vgl. aktuell BGH, Urt. v. 7.3.2013 - VII ZR 134/12

⁶⁵ Werner/ Pastor Rn 1978

⁶⁶ Siehe hierzu bspw. BGH, Urt. v. 17.6.2004 - VII ZR 75/03 - Der BGH hat hierzu bzgl. der Auslegung der VOB/C ausgeführt: „Allerdings kann zur Ermittlung der notwendigen tatsächlichen Grundlagen für die Auslegung der von den Parteien jeweils herangezogenen Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV) Beweis darüber erhoben werden, wie die herangezogenen ATV im Baugewerbe verstanden werden. Diese Beweisfrage kann auch durch ein Gutachten eines Bausachverständigen beantwortet werden. Der Gutachter muss die Beweisfrage frei von nicht belegbaren Wertungen beantworten und darlegen, auf welcher Grundlage er der Auffassung ist, dass ATV im Baugewerbe in einem bestimmten Sinn verstanden werden. Dazu muss er, wenn nicht bereits Stellungnahmen der beteiligten Verkehrskreise oder z.B. der Industrie- und Handelskammern oder der Handwerkskammern vorliegen, in geeignetem Umfang Erkundigungen einholen und diese Quellen offenlegen. Eine Kommentierung der VOB/C ist grundsätzlich für das objektive Verständnis der ATV nicht maßgeblich.“

⁶⁷ Seibel, Marc, Konkretisierung der „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ – insbesondere außerhalb von schriftlichen technischen Regelwerken, BauR 2014, 909 und Seibel, in: Staudt/Seibel, Handbuch für den Bausachverständigen, 3. Aufl. 2014, 14. Kap. 14.3.5

⁶⁸ dazu: Oswald, db 9/1998, 123, 130; Jagenburg, Jahrbuch Baurecht 2000, 200, 209 f; Seibel, in: Staudt/Seibel, a.a.O.).

2.4.3.1 Vertragsrechtliche Bedeutung bauordnungsrechtlicher Regelungsinhalte zur Konkretisierung der Sollbeschaffenheit von Lüftungskonzepten

Diese Herausforderung stellt sich auch bei Erstellung von Lüftungskonzepten. Denn im Ergebnis des technischen Teils der Studie stehen bei der Erstellung von Lüftungskonzepten unterschiedliche Nachweisverfahren für die Ermittlung notwendiger Luftwechsel zur Verfügung. (T Ziff. 5). Aus deren Darstellung und den korrespondierenden Berechnungsbeispielen (T Ziff. 6) wird für den adressierten Planer ersichtlich, dass sich diese Nachweisverfahren hinsichtlich der zugrunde gelegten rechnerischen Randbindungen voneinander unterscheiden.

Dies gilt insbesondere in Bezug auf die Möglichkeit, die Nutzungsanforderungen rechnerisch zu detaillieren und sich auf diese Weise planerisch den „realen, einzelfallbezogen“ Nutzungsbedingungen anzunähern (Ziff. 2.1.2, T Ziff. 4.1). Des Weiteren ergibt sich für den Normadressaten aus diesem technischen Sachverhalt, dass sich die in Betracht kommenden Nachweisverfahren durch die Berücksichtigung bzw. Außerachtlassung der Lüftungsart „Fensterlüftung“ voneinander unterscheiden.

Im Ergebnis dieses schon unter bauordnungsrechtlichen Gesichtspunkten sich ergebenden Sachverhaltes ist für den Planer erkennbar, dass schon die „Wahl des Nachweisverfahrens“ von Bedeutung ist für das Spektrum der dann auf dieser Grundlage technisch in Betracht kommenden „Lüftungssysteme“. Denn so bietet bspw. das Nachweisverfahren nach der DIN 1946-6 ausschließlich die Möglichkeit der „nutzerunabhängigen“ Lüftung zum Feuchteschutz – entweder über ausreichende Infiltration (zu den Risiken aus technischer Sicht siehe Ziff. 3.3) oder aber mittels LtM.

Diese aus dem Bauordnungsrecht resultierenden Inhalte können ohne Weiteres auch zur Konkretisierung der bei Erstellung von Lüftungskonzepten geschuldeten Sollbeschaffenheit vertragsrechtliche Bedeutung erlangen.

„rechtlicher Status von Technischen Regeln/ DIN-Normen (zur Nachweisführung) ungewiss“ – Risikohandhabung aus technischer und rechtlicher Sicht

Ob die bei Erstellung von Lüftungskonzepten zur Anwendung kommenden Inhalte von Technischen Regeln/ DIN-Normen – mithin die im Ergebnis des technischen Teils in Betracht kommenden Nachweisverfahren (vgl. T Ziff. 6) - die Merkmale einer aRdT erfüllen, ist im Streitfall anhand der dargestellten Kriterien (Ziff. 2.4.1.) zu ermitteln. Wie eingangs dargelegt, kann und soll diese Frage nicht in dieser Studie beantwortet werden.

Ausgangspunkt für die weitere Handhabung hieraus etwaig resultierender Planungs- und Rechtsunsicherheiten kann daher an dieser Stelle nur eine „pragmatische“ Befassung mit den sich aus technischer und rechtlicher Sicht im Kontext der Nachweisführung ergebenden Risiken sein. Denn aus beiderlei Perspektive stellt sich für den Planer die **Frage, ob und wenn ja**, in welcher Hinsicht mit den **in Betracht kommenden Nachweisverfahren Risiken für die Erfüllung des Vertragszwecks „Sicherstellung funktionstaugliche Wohnungslüftung“ einhergehen können**.

Zu diesem Zweck skizziert die Studie nachfolgend anhand welcher „technischer“ Kriterien und Eigenschaften vom Planer geprüft werden kann, ob sich das jeweilige Nachweisverfahren – eventuell auch nur in Bezug auf bestimmte Teilespekte - aus technischer Sicht als geeignet, notwendig und angemessen darstellt, um ein für die „gewöhnliche Verwendung“ (3. Stufe Mangelbegriff) taugliches Lüftungskonzept zu erstellen. (Ziff.2.4.3.2)

In rechtlicher Hinsicht ist dabei – in Analogie zu dem technischen Sachverhalt - darauf abzustellen, ob und sodann ggf. in welcher Hinsicht sich aus der Sicht des bautechnischen Laien mit der Wahl des Nachweisverfahrens und/ oder ggf. auch bezüglich der in der Folge in Betracht kommender Lüftungssysteme Risiken ergeben können.

Wie die in dieser Konstellation des „**ungewissen Status von TR/ DIN-Normen**“ etwaig resultierenden Haftungs- und Beweislastrisiken vertragsrechtlich aufgegriffen werden können, erschließt sich dem Leser sodann auf Grundlage der rechtlichen Einordnung dieses Sachverhalts: denn auch hier geht es um die vertragliche Zuweisung möglicher Risiken auf Grundlage zuvor erbrachter Aufklärungs- und Beratungsleistungen (Ziff.2.4.3.3)

2.4.3.2 „rechtlicher Status von Technischen Regeln/ DIN-Normen zur Nachweisführung ungewiss“: Risikohandhabung aus technischer Sicht

Im Sinne einer planerischen Risikohandhabung ist demnach zu eruieren, welche „technischen Beschaffenheiten“ ein zur Lösung der Planungsaufgabe herangezogenes „Werkzeug“ (Nachweisverfahren) erfüllen sollte, um eine für die „gewöhnliche Verwendung“ geeignete Wohnungslüftung – sicherzustellen. In Anlehnung an die Merkmale zur Bestimmung einer aRdT (siehe dazu Ziff.2.4.1.) kann des Weiteren konkretisiert werden, welche „**Beschaffenheiten eines Nachweisverfahrens**“ sich als technisch geeignet, notwendig und angemessen zur Zielerreichung darstellen.

Hiernach wäre im jeweiligen Nachweisverfahren⁶⁹ u.a. zu prüfen, ob dieses dem Planer die Möglichkeit eröffnet zur Berücksichtigung

- der konkreten Nutzungsrandbedingungen: Belegungsdichten, Feuchtefreiheit bei Nutzung, Schadstoffemission (CO₂ etc.), Temperaturen (Oberflächen-, Raum-, Außen-temperatur), Vermietung oder Eigentum
- der Feuchte, die im Bauprozess eingetragen wurde
- der Raumanforderung bzw. der Anforderung des Gebäudes
- der konkreten physikalischen Notwendigkeiten (Feuchtespeicherung in Bauteiloberflächen)?
- der baurechtlichen Vorgaben an die Lüftung (z.B. fensterlose Küchen, Bäder und Toilettenträume)

In Anbetracht der Ungewissheit bzgl. des rechtlichen Status der für die Nachweisführung in Betracht kommenden Rechenverfahren bzw. den diesen zugrunde liegenden Technischen Regeln erheben die o.g. Aspekte zur Prüfung der Geeignetheit möglicher Nachweisverfahren selbstredend keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

2.4.3.3 „rechtlicher Status von TR/ DIN-Normen (zur Nachweisführung) ungewiss“: Risikohandhabung aus rechtlicher Sicht

In vertragsrechtlicher Hinsicht ist die hier im Raum stehende Konstellation der „**Ungewissheit über den rechtlichen Status technischer Norminhalte – aRdT ja oder nein?**“ analog den Konstellationen einzuordnen, in denen Werkunternehmer in Folge technischer und/ oder wirtschaftlicher Randbedingungen oder sonstiger AG-seitiger (ggf. geänderter) Vorstellungen die jeweilige Planungs-/Bauaufgabe nur realisieren können, wenn sie vom sog. technischen Mindeststandard – und damit den jeweils einschlägigen aRdT – abweichen (können).

In rechtlichen Kategorien gesprochen handelt es sich hierbei um Beschaffenheitsvereinbarungen „nach unten“ oder „nach oben“⁷⁰ – jedenfalls in Abweichung von den aRdT. Auch die Konstellation einer „Änderung aRdT nach dem Zeitpunkt des Vertragsabschlusses“⁷¹

⁶⁹ Klarzustellen ist, dass es sich bei den nachfolgend genannten Kriterien und Eigenschaften lediglich um Vorschläge bzw. nicht abschließende Hinweise für die Prüfung der Geeignetheit in Betracht kommender Nachweisverfahren (T Ziff. 5) handelt, ohne diese jedoch vergleichen oder gar bewerten zu wollen.

⁷⁰ BGH, Urteil vom 04.06.2009 - VII ZR 54/07 (Schallschutz); OLG Saarbrücken, Urteil vom 02.06.2016 - 4 U 136/15 (Dachsanierung)

⁷¹ BGH, Urteil vom 14.11.2017 - VII ZR 65/14 (Schneelast)

ist hier einzuordnen ebenso wie all die Fälle, in denen Werkunternehmer „neue, noch unerprobte“ Verfahrensweisen oder Bauprodukte zum Einsatz bringen sollen, wollen oder können.⁷²

Den genannten Konstellationen ist eines gemeinsam: Im Ergebnis des funktionalen Mängelbegriffs stellt sich eine Abweichung von den aRdT – bzw. vom sog. technischen Mindeststandard – aus Sicht des „bautechnischen Laien“ stets als Risiko dar. Wie eingangs zu den Grundsätzen der Vertragsauslegung (Ziff. 2.2.3) dargelegt, folgt aus der dem Werkvertragsrecht innewohnenden „Interessenlage“ („fachkundiger Profi – bautechnischer Laie“), dass hier dem Werkunternehmer die rechtliche Verantwortlichkeit für die Kenntnis bzw. Erkennbarkeit von Risiken zugewiesen wird, die aus einer Abweichung von den aRdT – also einer Abweichung vom „Üblichen“, dem „praktisch Bewehrten“ – aus Sicht von Auftraggebern resultieren können.

Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Werkunternehmer diese Risiken zu tragen hat. Vielmehr stellt sich auch in diesen Fällen die Wahrnehmung der **Aufklärungs- und Beratungspflichten als zentrales Steuerungsinstrument** für die Zuweisung rechtlicher Verantwortlichkeit dar.

Dementsprechend sind die bereits unter Ziff. 2.3.2. dargestellten Anforderungen an Aufklärung und Beratung auch hier für den Planer einschlägig: unter Beachtung dieser Grundsätze sind Auftraggeber über die aus technischer Sicht machbaren und wirtschaftlich vertretbaren Optionen in Kenntnis zu setzen. Im Hinblick auf die verschiedenen Möglichkeiten der Nachweisführung und optional in Betracht kommender Lüftungssysteme sind Risiken und Folgen unter Beachtung der aus technischer Sicht aufgezeigten Unterschiede jeweiliger Nachweisverfahren (T Ziff. 5) und verschiedener Eigenschaften der Lüftungssysteme (T Ziff. 6) aufzuzeigen, um hierdurch Auftraggebern/ Bauherrn eine tragfähige Entscheidungsgrundlage bieten zu können. Wie eingehend dargelegt sind hierbei *alle für die Willensbildung* des Bauherrn/ AG nach der Verkehrsanschauung maßgeblichen Umstände zu bedenken und zu kommunizieren.

Festzuhalten ist: auch unter dem Aspekt des „ungewissen rechtlichen Status“ der Technischen Regeln/ DIN-Normen zur Nachweisführung ergibt sich für Planer die Notwendigkeit, eine genaue Risikoanalyse bezüglich deren Eignung für die konkrete Planungsaufgabe vorzunehmen.

3 Folgen für das Mietrechtsverhältnis

3.1 Ausgangslage: „auf den Nutzer kommt es an ...“ – Schlüsselfunktion des Nutzers für die Funktionstauglichkeit der Wohnungslüftung

Die Funktionstauglichkeit von Lüftungskonzepten - und damit der Lüftungssysteme als solcher - erweist sich erst im praktischen Gebrauch, d.h. unter den Bedingungen des realen Nutzers und seines Verhaltens (Heizen, Lüften, Möblierung u.a.). In Abhängigkeit vom gewählten System und den korrelierend planerisch zugrunde gelegten Randbedingungen ergeben sich hier unterschiedliche, d.h. „einzelfallbezogene“ Folgen für den Nutzer bzw. vielmehr das von ihm erwartete (im Sinne von planerisch angenommene) Nutzerverhalten.

So bedarf es bei LtM beispielsweise eines Nutzerverhaltens dergestalt, dass nach Freisetzung von Feuchte und CO₂ gelüftet werden muss. Auch bei kombinierten Systemen ist der Nutzer gefragt, indem beispielsweise im Sommer zur Abfuhr von warmer Innenluft im Austausch mit Außenluft über das Fenster gelüftet werden muss.

⁷² Vgl. z.B. BGH, Urteil vom 24.09.1992 - VII ZR 213/91; OLG Brandenburg, Urteil vom 11.01.2000 - 11 U 197/98; OLG Hamm, Urteil vom 27.10.2005 - 21 U 77/00; OLG München BauR 1984, 637

Dauer und Fensterstellung sind hierbei vom Einzelfall abhängig. Während bei einer Stoßlüftung im Winter der Lüftungsvorgang am Morgen in einem Schlafzimmer nur wenige Minuten betragen kann und bei Räumen mit speicherfähigen Baustoffen das Lüftungsergebnis am Abend noch einmal zu wiederholen wäre, kann der nächtliche erhöhte Luftwechsel ein vollständig geöffnetes Fenster im Schlafzimmer über viele Stunden nach sich ziehen, dies auch dann, wenn eine apparative Lüftung sich im Raum befindet. Erst recht kommt dem Nutzer zweifelsohne eine Schlüsselrolle zu, wenn die Wohnung ausschließlich über das manuelle Fenster gelüftet werden soll.

Festzuhalten ist daher zunächst, dass **dem Nutzer stets eine Schlüsselrolle zur praktischen Umsetzung von Wohnungslüftungskonzepten** zukommt. So gesehen gilt analog dem „ein Pferd ist nur so gut wie sein Reiter“ – ein Lüftungskonzept ist nur so gut wie sein Nutzer. Ebenso folgt aus diesem Sachverhalt, **dass es keine „nutzerunabhängige“ Lüftung gibt**, sondern vielmehr „nur“, dass vom Nutzer stets ein bestimmtes Verhalten erwartet werden darf und muss – wenn auch in Abhängigkeit vom jeweils gewählten Lüftungssystem.

Sofern Auftraggeber gleichzeitig auch (End)Nutzer sind, darf davon ausgegangen werden, dass sie die für eine funktionstaugliche Wohnungslüftung erforderlichen Nutzungsrandbedingungen und deren Folgen für das Wohnverhalten (Lüften/ Heizen/ Möblierung u.a.) im Ergebnis des Planungsprozesses kennen und befolgen.

Nutzung durch „Dritte“

Demgegenüber ist dies nicht der Fall in all jenen Fällen, in denen Auftraggeber nicht zugleich „Endnutzer“ sind, sondern hier „Dritte“ ins Spiel kommen. Im Wesentlichen sind dies Mieter oder aber Erwerber von Wohnungen. In den hier betroffenen Rechtsverhältnissen zwischen Mieter und Vermieter bzw. Bauträger und Erwerber stellt sich daher die Frage, ob und wenn ja, welche Folgen sich aus dem technischen Sachverhalt sowie korrelierender bauvertraglicher Aspekte sich im Rechtsverhältnis mit Dritten ergeben können. Hier geht es demnach um die Frage, ob und wie hier damit umzugehen ist, dass die Funktions-tauglichkeit des jeweiligen Lüftungskonzeptes ein bestimmtes Nutzerverhalten voraus-setzt.

Da nur Vermieter bzw. Bauträger über diese Kenntnis verfügen, obliegt es ihnen zunächst die zur Sicherstellung der Funktionstauglichkeit und Schadensvermeidung notwendigen Informationen zu erteilen. Inhalt und Umfang dieser Hinweispflichten bestimmt sich wiederum nach den jeweils maßgeblichen Vertragstypologien – mithin nach den Regelungen und jeweiligen Besonderheiten des Mietrechts bzw. Bauträgervertragsrechts.

Der nachfolgende Teil fokussiert Eckdaten zur Handhabung der vertragsrechtlichen Folgen⁷³ im Zusammenhang mit der Umsetzung von Lüftungskonzepten im Rechtsverhältnis zwischen Vermieter und Mieter, hier insbesondere die Rechtslage bei vermieteterseitigen „Eingriffen in die Bausubstanz“ im laufenden Mietverhältnis. Denn während Vermieter bei neuen Vertragsabschlüssen die Gebrauchstauglichkeit frei vereinbaren können, stellt sich bei Sanierungen nach dem Zeitpunkt des Vertragsabschlusses die Frage, unter welchen Voraussetzungen Vermieter eine Anpassung des Wohnverhaltens verlangen können und was dabei zu beachten ist.

3.2 Mietvertragliche Pflichten („Wohnen + Schonen“)

Während der Vermieter zur Überlassung und Erhaltung der Mietsache in dem vertraglich vereinbarten Zustand verpflichtet ist, ist der Mieter entsprechend dem Grundsatz „Wohnen

⁷³ Eine vertiefte Darstellung der mietrechtlichen Aspekte würde hier den Rahmen ebenso sprengen wie die im Rechtsverhältnis zwischen Bauträger und Erwerber geltenden Besonderheiten (Verbraucherschutz u.a.)

und Schonen“ zum vertragsgemäßen Gebrauch berechtigt. Dies bedeutet, dass die Befugnis zum vertragsgemäßen Gebrauch und Obhuts- und Sorgfaltspflichten nebeneinander bestehen. Hieraus ergeben sich die Grenzen der jeweiligen Rechte und Pflichten, die – schon allein ob ihrer Vielfalt keiner gesetzlichen Regelung zugänglich sind – und daher weitestgehend von Fall zu Fall durch die Rechtsprechung zu konkretisieren sind.

3.2.1 Obhuts- und Sorgfaltspflichten - Heizen und Lüften

Mieter sind aufgrund ihrer Obhuts- und Sorgfaltspflichten verpflichtet, die Mietsache so zu nutzen, dass Schäden an dieser vermieden werden. Im Hinblick auf die Entstehung von Feuchtigkeitsschäden und Schimmelpilzbefall sind Mieter demgemäß zu einem schadensvermeidenden Nutzerverhalten verpflichtet.⁷⁴ Hieraus folgt jedoch zunächst lediglich, dass Mieter heizen und lüften müssen. Strittig ist jedoch regelmäßig in welchem Umfang das insoweit erforderliche Verhalten von Mietern verlangt werden kann. Denn die dem Mieter grundsätzlich obliegende Verhaltenspflicht zum Heizen und Lüften darf nicht so weit gehen, dass hierdurch der vertraglich vorgesehene Gebrauch eingeschränkt wird. Von Fall zu Fall ist daher richterlich zu prüfen, ob das – im Streitfall vom Sachverständigen zu ermittelnde - zur Schadensvermeidung erforderliche Heizungs-/ Lüftungsverhalten das Recht zum Gebrauch der Mietsache unangemessen einschränkt. Die entscheidende Frage lautet dann: Ist das dem Mieter abverlangte Nutzerverhalten zumutbar? Die grundsätzlich bestehende Obhutspflicht wird also auf ein zumutbares Maß beschränkt. In diesem Rahmen des Zumutbaren sind Mieter verpflichtet, ihr Heiz-/ Lüftungsverhalten der Wohnung anzupassen.⁷⁵

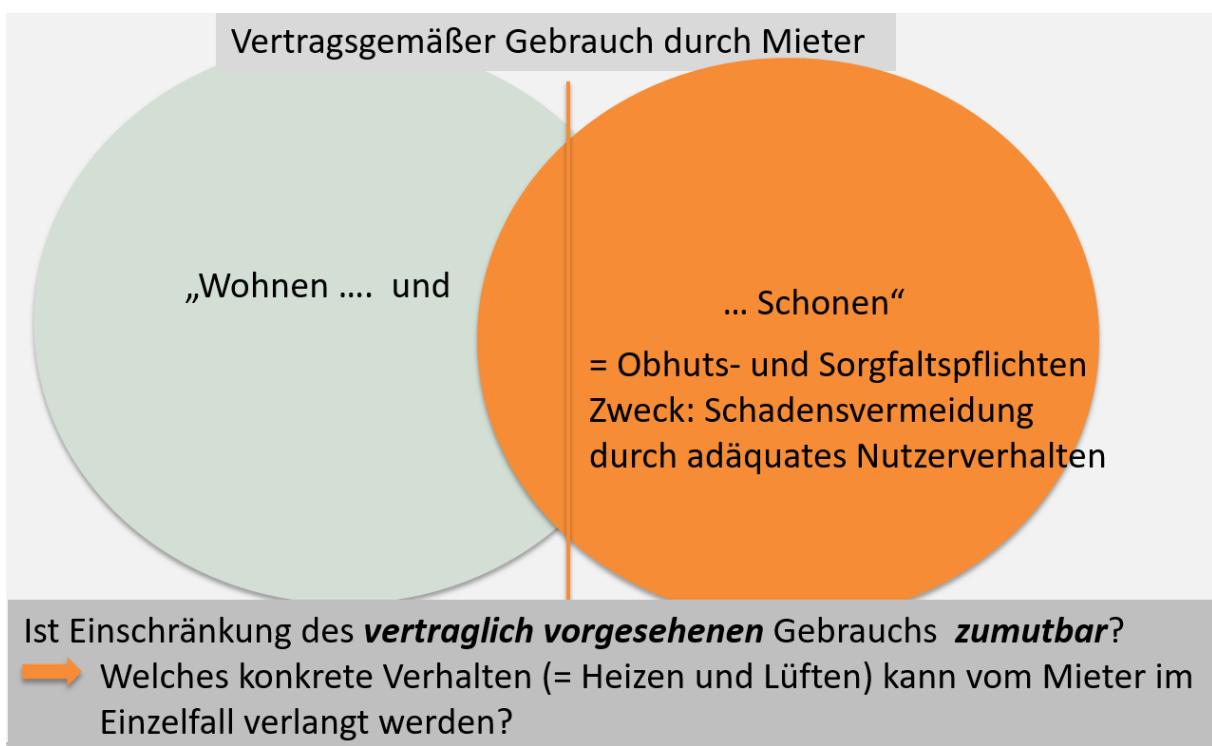


Abbildung 77: Wohnen und Schonen

Nicht erstaunlich ist, dass sich hier eine unübersichtliche und als äußerst einzelfallbezogen zu betrachtende Rechtsprechung entwickelt hat. Die zu beurteilenden Sachverhalte sind

⁷⁴ Siehe z.B. AG Lehrte, Urteil vom 06.09.2011 - 9 C 387/10

⁷⁵ Vgl. hierzu z.B. OLG Celle WuM 1985, 9 = ZMR 1985, 10 = GE 1985, 679; LG Hamburg WuM 1988, 353; AG Köln WuM 1988, 358; AG Bochum WuM 1985, 25

geprägt von individuellen, oft komplexen bauphysikalischen Rahmenbedingungen einerseits, und jeweils im Einzelfall zu ermittelnden konkreten Vertragsinhalten und nutzerspezifischen Verhaltensweisen andererseits. **Eine Faustregel für das richtige Heizen und Lüften gibt es nicht.**

Zumutbares Heiz- und Lüftungsverhalten nach Sanierungsmaßnahmen

Gerade im Hinblick auf Energieeffizienzmaßnahmen im Bestand stellt sich die Frage, ob und in welchem Umfang sich Rechte und Pflichten der Mietvertragsparteien durch vermieteterseitige Eingriffe in die Bausubstanz - also während des laufenden Mietverhältnisses - ändern können. Gegenstand gerichtlicher Auseinandersetzungen sind hier häufig Modernisierungsmaßnahmen in deren Folge es zu Feuchtigkeitsscheinungen kommt. Insbesondere der Einbau isolierverglaster Fenster hat zu zahlreichen Entscheidungen geführt, die Rechte und Pflichten bei Durchführung von Sanierungsmaßnahmen im Hinblick auf das rechtliche zumutbare Heiz- und Lüftungsverhalten konkretisieren. Müssen Mieter ohne Weiteres ihr Heiz-/ Lüftungsverhalten nach Sanierungsmaßnahmen ändern?

Nach ganz überwiegender Rechtsprechung wird dies verneint. Es liegt im Verantwortungsbereich des Vermieters – ggf. mit Hilfe von sachkundigen Planern und Handwerkern - zu ermitteln, welche Vorkehrungen beispielweise nach Einbau von Isolierglasfenstern zu treffen sind. Der Mieter muss nicht selbständig Überlegungen zu einem veränderten Lüftungsverhalten anstellen.⁷⁶ Insoweit haftet er nicht für Feuchtigkeitsschäden, die nur dadurch entstehen, weil er sein bisheriges ausreichendes – aber jetzt unzulängliches – Lüftungsverhalten beibehalten hat.⁷⁷

3.2.2 Hinweispflichten des Vermieters bei Sanierungsmaßnahmen nach Vertragsabschluss

Der Vermieter wird nur dann aus seiner rechtlichen Verantwortlichkeit für derart entstandene Schäden entlassen, wenn er seine Mieter unmissverständlich auf ein zu änderndes Lüftungsverhalten hinweist.⁷⁸ Nach Einbau moderner Fenster kann er grundsätzlich ein anderes Heiz- und Lüftungsverhalten verlangen, da das ausreichende Lüften der Wohnung eine Grundvoraussetzung ist, um Feuchtigkeitsschäden zu vermeiden.

Allerdings genügt der Vermieter seiner Hinweispflicht nicht, indem er eine allgemein gehaltene Broschüre überreicht. Der Mieter ist vielmehr nur dann zu einem veränderten Wohnverhalten verpflichtet, wenn er sachgerecht und präzise auf die Anforderungen im veränderten Raumklima *hingewiesen* wurde. Hinweise müssen konkret auf die baulichen Schwachstellen der Wohnung bezogen erteilt werden.⁷⁹ Der Vermieter muss umfassend darauf hinweisen, durch welches Heiz-/ Lüftungsverhalten Kondenswasserschäden zu verhindern sind.⁸⁰ Dieser Zusammenhang ist im Beispiel 6.2.5 (Tabelle 10) auch nachzuvollziehen, bei dem bei einer energetisch nicht modernisierten Wohnung eine längere Lüftungsdauer ermittelt wurde, als bei einer energetisch modernisierten Wohnung mit hohen Oberflächentemperaturen.

Beweislastverteilung nach Eingriffen in Bausubstanz

Hinsichtlich der Beweislast gelten die allgemeinen Grundsätze uneingeschränkt, so dass der Vermieter bei Feuchtigkeitsscheinungen und Schimmelpilzbefall zu beweisen hat,

⁷⁶ LG München Urteil vom 08.03.2007 - 31 S 14459/06; LG Gießen, Urteil vom 12.04.2000 – AZ 1 S 63/00

⁷⁷ LG Lübeck WuM 1990, 202; AG Stadthagen WuM 1987, 271; Mathonia, WuM 2005, 223, 225; a. A. LG Berlin GE 2000, 124, welches ein Mitverschulden des Mieters annimmt.

⁷⁸ LG München, Urteil vom 08.03.2007, Az. 31 S 14459/06; Der Vermieter muss den Mieter nach Modernisierungsmaßnahmen konkret informieren; das Überreichen einer Broschüre genügt nicht; LG Gießen, Urteil v. 12.04.2000, 1 S 63/00 mit weiteren Nachweisen auf LG Lübeck, WM 1990, 202 f.; AG Erkelenz, DWW 1996, 22 f.; AG Neuß, WM 1994/382; AG Stadthagen, WM 1987, 271; a.A. jedoch AG Nürtingen, Entsch. v. 9. 6. 2010 – 42 C 1905/09

⁷⁹ Z.B. LG Gießen, Urteil vom 12.04.2000 – 1 S 63/00

⁸⁰ LG Hamburg, Urteil v. 10.01.2002 - 307 S 153/01, AG Berlin v. 23.12.2008 – 9 C 14/08

dass diese nicht durch baulich bedingte Mietmängel verursacht sind. Darüber hinaus ist er bei von ihm veranlassten baulichen Maßnahmen - ebenso wie bei der Vermietung von Neubauten - dafür beweispflichtig, dass er den Mieter über die besonderen Gefahren des Auftretens von Feuchtigkeit aufgeklärt und im oben skizzierten Umfang auf erforderliche Maßnahmen zur Vermeidung der Feuchtigkeit hingewiesen hat. Während sich im „Normalfall“ der Mieter dahingehend zu entlasten hat, dass er ausreichend geheizt und gelüftet hat, muss der Vermieter hier schließlich auch noch das vertragswidrige Verhalten des Mieters beweisen.⁸¹

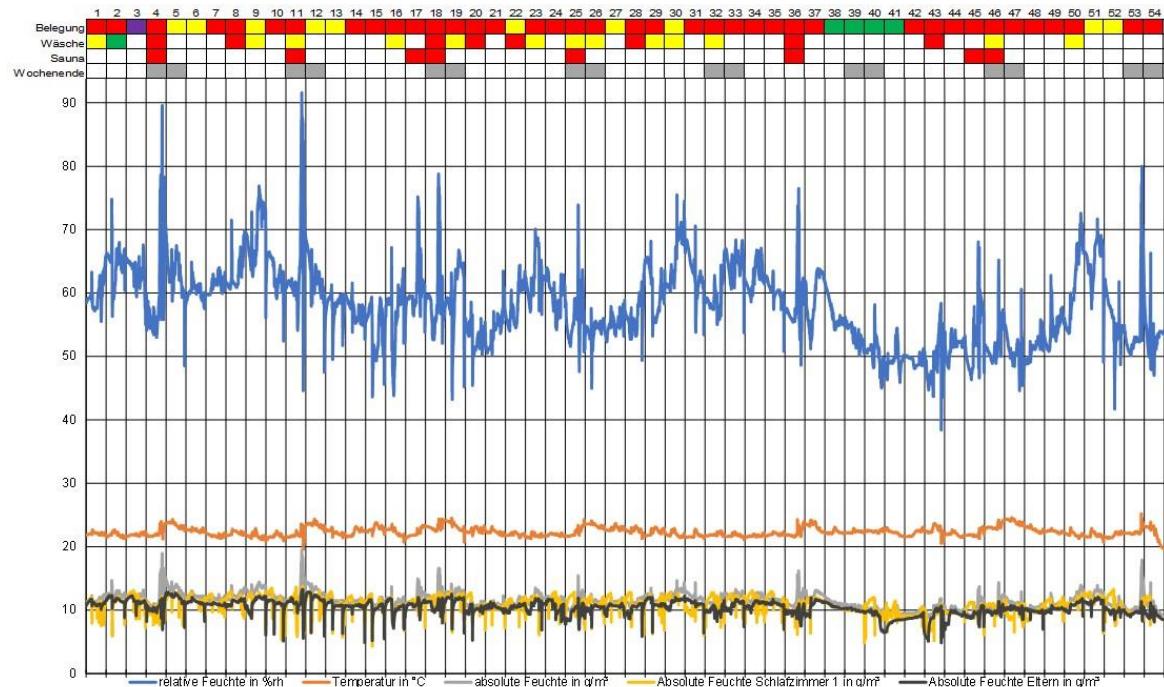


Abbildung 78: Beispiel für eine sachgerechte Auswertung einer Klimamessung in mehreren Räumen mit Dokumentation des Nutzerverhaltens

3.3 Nutzungsanforderungen im Lüftungskonzept und Vereinbarungsbedarfe zum vertraglichen Gebrauch

Im Ergebnis des technischen Teils können Nutzungsrandbedingungen – und damit auch die diesbezüglichen Regelungsbedarfe im Rechtsverhältnis zwischen Vermieter und Mieter - in Abhängigkeit vom gewählten Nachweisverfahren und/ oder Lüftungssystem sehr vielfältig sein. Vor dem Hintergrund der mietvertraglichen Rechtsprechung dürfte bei Festlegung der dem Lüftungskonzept zugrunde zu legenden Randbedingungen für Auftraggeber/ Vermieter und Planer auch von Bedeutung sein, welches Wohnverhalten potenziellen Nutzern „rechtlich zumutbar“ ist.

Denn hier ist zu beachten, dass das *zur Schadensvermeidung notwendige Verhalten* (z.B. Abrücken Schrank von Wand nach Dämmung (Einzelmaßnahme), Anzahl/ Dauer Lüftungsvorgänge, Einhaltung bestimmter Raumtemperaturen) *nicht zwingend gleichzusetzen ist mit dem „rechtlich zumutbaren“ Verhalten*. (z.B. Abrücken Schrank von Wand nach Fenstertausch in 30m² Wohnung oder 100m² -Wohnung).

Festzuhalten ist: auch im mietvertraglichen Verhältnis lautet die (Heraus)Forderung, dass es - um einer gerechten Interessenabwägung willen – stets einer Betrachtung des Einzelfalls bedarf.

Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund und in diesem Lichte ist eine aktuelle Entscheidung des BGH zu sehen. Diese zeigt mehr als deutlich: sofern Nutzungsanforderungen nicht

⁸¹ Eisenschmid in Schmidt-Futterer, Mietrecht 14. Auflage 2019 Rn 455ff

bei Erstellung eines Lüftungskonzepts anlässlich konkreter baulicher Maßnahmen (Fenstertausch, Änderungen an der Gebäudehülle) im Sinne einer planerisch Risikoanalyse berücksichtigt werden, wird diese Frage(n) spätestens in Streitigkeiten mit dem Nutzer zutage treten – hier jedoch im Stadium bereits sichtbarer Schimmelpilzerscheinungen und/ oder manifester Feuchteschäden.

Nicht unwahrscheinlich ist, dass zahlreiche Mietstreitigkeiten zumindest zum Teil durch eine unzureichende oder fehlende Einbeziehung von Nutzungsanforderungen bzw. „den Nutzer“ bei der Umsetzung von Lüftungskonzepten ihren Grund haben.

In jedem Fall bieten die nachfolgenden Erwägungen des BGH auch dem Planer wertvolle Hinweise dafür, dass – ebenso wie im Kontext der Planung - auch bei sachverständiger Ermittlung der zur Schadens-/ Schimmelpilzvermeidung erforderlichen Lüftung zum Feuchteschutz – immer auch das **konkrete Wohnverhalten der Mieter** zu berücksichtigen ist.

So stellt der BGH⁸² klar: ***Welche Beheizung und Lüftung einer Wohnung dem Mieter zumutbar ist, kann nicht abstrakt-generell und unabhängig insbesondere von dem Alter und der Ausstattung des Gebäudes sowie dem Nutzungsverhalten des Mieters, sondern nur unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls bestimmt werden [...].***

Daher ist die vom Berufsgericht angenommene Verpflichtung des Vermieters, „die Schimmelfreiheit der Wohnung auch unter der Voraussetzung zu gewährleisten, dass der Mieter das Schlafzimmer nur auf 16 Grad Celsius, die übrigen Zimmer auf nicht mehr als 20 Grad beheize, kalte Außenwände beliebig möbliere und die Wohnung nicht mehr als zwei Mal pro Tag für fünf bis zehn Minuten stoßlüfte, verfehlt [...].“

Denn, so führt der BGH weiter aus: „Woher das Berufsgericht diese Anforderungen herleitet, die zudem grundsätzlich unabhängig vom **konkreten Wohnverhalten der Mieter** - namentlich deren **Anwesenheitszeiten in der Wohnung und dem Umfang der dort ausgeübten Tätigkeiten, die mit einer Feuchtigkeitsentwicklung verbunden sind** sowie von **Art, Größe und Baujahr der Mietwohnung** gelten sollen, ist nicht nachvollziehbar und entbehrt einer tragfähigen Grundlage. Hieran vermag auch der Umstand nichts zu ändern, dass die vorstehend genannte unzutreffende Auffassung des Berufsgerichts nicht nur von diesem, sondern ebenso von einigen weiteren, im angegriffenen Urteil angeführten Instanzgerichten und Literaturstimmen vertreten wird. [...]“

Und zur Ermittlung der „rechtlichen Zumutbarkeit“ stellt der BGH fest: „[...] Das Berufsgericht knüpft hinsichtlich der Beheizung und Lüftung der Wohnung einerseits an den Gesichtspunkt der Zumutbarkeit für den Mieter an, verkennt dann aber - wie die Revision mit Recht rügt - dass die **Zumutbarkeit nicht abstrakt-generell, sondern nur unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls bestimmt werden kann**.“

Der vom Berufsgericht beauftragte Sachverständige ist - bei einer Belegung der Wohnung des Klägers mit zwei Personen , die (unter anderem) jeweils 20 Minuten pro Tag duschen - zu dem Ergebnis gekommen, dass ein täglich zweimaliges Stoßlüften mit einer Dauer von jeweils 13 bis 17 Minuten, ein dreimaliges Stoßlüften von jeweils zehn Minuten oder ein **dreimaliges Querlüften von jeweils drei Minuten ausreichen**, um eine Schimmelpilzbildung im Bereich der Wandmitte und der Raumecken der Außenwände zu vermeiden.

Dass ein solches Lüftungsverhalten für den Mieter unter allen Umständen unzumutbar sei und deshalb die Wohnung des Klägers den Mindeststandard zeitgemäßen Wohnens nicht gewährleiste, kann - wie die Revision mit Recht rügt - entgegen der

⁸² BGH, Urteil vom 05.12.2018 - VIII ZR 271/17, BGH, Urteil vom 05.12.2018 - VIII ZR 67/18

Auffassung des Berufungsgerichts nicht angenommen werden. Insbesondere hat das Berufungsgericht bei seiner unzutreffenden gegenteiligen Sichtweise auch außer Acht gelassen, dass es allgemein üblich ist (§ 291 ZPO), nach Vorgängen, die mit einer besonders starken Feuchtigkeitsentwicklung verbunden sind, wie etwa Kochen, Duschen und Waschen, den davon betroffenen Raum sogleich zu lüften, um die vermehrte Feuchtigkeit durch Luftaustausch alsbald aus der Wohnung zu entfernen. [...]“

3.4 Zwischenfazit: „der Kreis schließt sich“ – die Befassung mit den Nutzungsbedingungen

Vor dem Hintergrund der bauvertraglichen Rechtslage – hier insbesondere der dem Planer obliegenden Aufklärungs- und Beratungspflichten - dürfte zunächst davon auszugehen sein, dass solche Auftraggeber, die auch eine Nutzung durch Dritte (Mieter/ Erwerber) erwägen, dies im Planungsprozess abgestimmt haben.

Demgemäß sind die im Planungsprozess festgelegten Nutzungsanforderungen und deren Folgen für das Wohnverhalten im Verhältnis zum Mieter in konkrete, für den Nutzer in jeder Hinsicht verständliche Verhaltensanweisungen zu übersetzen. Nach den dargestellten Grundsätzen müssen diese Hinweise auch auf die jeweiligen baulichen Beschaffenheiten bezogen sein.

In Anlehnung an die hier einschlägige Rechtsprechung müssen die **schriftlichen Hinweise sachgerecht und präzise** erfolgen, so dass für Mieter unmissverständlich klar ist, welches Heiz-, Lüftungs- und Wohnverhalten im Übrigen für eine funktionsstaugliche Wohnungslüftung notwendig ist. Flankierend könnte erwogen werden, dem Mieter Hilfestellungen für die Ein- und Aufrechterhaltung der Nutzungsbedingungen zur Seite zu stellen (Messgeräte Raumluftfeuchte, Temperatur u.a.).

Die Pflicht zur Erteilung von **einzelfallbezogenen konkreten Hinweisen zum Wohnverhalten** ist eine (formell) logische und nachvollziehbare Folge der in o.g. Entscheidung des BGH eindringlich aufgezeigten Notwendigkeit auch die - der Hinweispflicht vorausgeschaltete -Frage nach der „rechtlichen Zumutbarkeit der Lüftung zum Feuchteschutz“ stets (nur!) unter Berücksichtigung der konkreten Randbedingungen zu beantworten.

Zusammenspiel zwischen bauvertraglichen und mietvertraglichen Kriterien

So wird deutlich, dass es sowohl aus der bauvertraglichen als auch aus der mietvertragsrechtlichen Perspektive einen Dreh- und Angelpunkt gibt: die **Befassung mit den Nutzungsanforderungen und deren vertragliche Umsetzung durch Konkretisierung der Sollbeschaffenheit**. In technischer Hinsicht korreliert dies mit den entweder bereits zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses oder im Zuge des Planungsprozesses festzulegenden planerischen Annahmen zu den Nutzungsrandbedingungen.

Wie aus technischer und rechtlicher Sicht aufgezeigt, gehört es hier zur **Kernaufgabe des Planers in Abstimmung mit dem Auftraggeber zu klären, welcher Weg hinsichtlich Lüftungsart und -system sicher zum Ziel führen kann.**

In Abhängigkeit von den der Planung zugrunde gelegten Nutzungsrandbedingungen können sich aus technischer und rechtlicher Sicht Entscheidungs-/ Vereinbarungsbedarfe u.a. hinsichtlich folgender Aspekte ergeben:

In Abhängigkeit von der Raumgröße und dem Dämmstandard:

- Personenbelegung
- sonstige Feuchtfreisetzung
- Lüftungserfordernisse
- Heizwärme nicht reduzieren, insbesondere bei hohen Feuchtegehalten der Außenluft
- Raumtemperatur
- Ggf. Wohnverhalten im Übrigen (Möblierung u.a.)

Analog können diese Faktoren auch im Bauträgervertrag besondere Aufklärungs-/ Beratungs- und Vereinbarungsbedarfe generieren – dies insbesondere unter dem Gesichtspunkt des Verbraucherschutzes und der für den Planer geltenden Verpflichtung, den Bauträger in die Lage zu versetzen, dass dieser seinerseits sein Vertragsversprechen gegenüber den Erwerbern zu erfüllen vermag.⁸³

4 Fazit und zusammenfassende Stellungnahme

Sind bei Neuerrichtung und Sanierung von Gebäuden zwingend lüftungstechnische Maßnahmen zu planen? Oder ist trotz des energieeinsparrechtlichen Gebots dichter Bauweisen die „tradierte“ Lüftungsart der Fensterlüftung nicht nur erlaubt, sondern sogar - in Abhängigkeit von jeweiligen Nutzungsrandbedingungen – vorzugswürdig?

Diese eingangs gestellten Fragen sind – in Übereinstimmung mit den technischen Befunden dieser Studie – auch aus rechtlicher Sicht nicht mit einem schlichten ja oder nein zu beantworten. Denn die sich aus der technischen Perspektive ergebende Vielfalt möglicher Fallkonstellationen spiegelt sich in ebenso facettenreich denkbaren Sachverhalten mit „Konfliktpotenzial“.

Dennoch ergeben sich aus den bauvertragsrechtlich relevanten Kriterien der „Mangelbeurteilung“ deutliche Leitlinien für die rechtssichere Handhabung der Planungsaufgabe „Erstellung eines Lüftungskonzeptes“.

Ausgangspunkt: „viele Wege führen nach Rom ...“

Dabei fußt die juristische Stellungnahme auf dem technischen Sachverhalt, dass dem Planer zum einen **verschiedene Nachweisverfahren** zur Verfügung stehen, um notwendige Luftwechsel zum Feuchteschutz sowie sonstiger Zwecke zu ermitteln. Zum anderen steht im Ergebnis des technischen Sachverhaltes fest, dass **unterschiedliche Lüftungssysteme** zum Einsatz kommen können, um erforderliche Luftwechsel sicherzustellen.

Hieraus folgt, dass – insbesondere auch zur Sicherstellung der Lüftung zum Feuchteschutz sowohl lüftungsanlagentechnische Maßnahmen als auch die Fensterlüftung sowie eine Kombination dieser Lüftungsarten aus technischer Sicht vom Planer in Betracht gezogen werden können.

Des Weiteren ist zu konstatieren, dass sowohl hinsichtlich der „**technischen“ Geeignetheit zur Verfügung stehender Nachweisverfahren** als auch in Bezug auf die Tauglichkeit und/ oder Notwendigkeit von LtM einerseits bzw. der Fensterlüftung andererseits **unterschiedliche Auffassungen** in den von der Anwendung der Technischen Regeln/ DIN-Normen adressierten Fachkreisen anzutreffen sind.

Ausgangspunkt und Gegenstand der juristischen Stellungnahme sind demnach die bei der Erstellung von Lüftungskonzepten zu beachtenden bauordnungsrechtlichen und bauvertragsrechtlichen Rahmenbedingungen unter besonderer Berücksichtigung der aus o.g. Sachverhalt resultierenden Rechtsfragen sowie korrelierender haftungsrelevanter Aspekte.

Fazit Nr. 1: vertragsrechtliche Relevanz bauordnungsrechtlicher Regelungsinhalte

Während sich aus dem Bauordnungsrecht zwar eindeutige Vorgaben bezüglich der bei der Erstellung von Lüftungskonzepten zwingend zu beachtenden Zwecke der Wohnungslüftung ergeben (Feuchteschutz, Gesundheit/Hygiene, sommerlicher Wärmeschutz, Beheizung/ Zufuhr von Verbrennungsluft), stellt der Gesetzgeber es Auftraggebern/ Bauherrn frei, auf welchem Wege diese bauordnungsrechtlichen Schutzziele sichergestellt werden

⁸³ Siehe hierzu z.B. BGH, Urteil vom 20.12.2012 - VII ZR 209/11; OLG Stuttgart, Urteil vom 17.10.2013 - 13 U 86/13; OLG Düsseldorf, Urteil vom 31.05.1996 - 22 U 229/95

können. Dies bedeutet zunächst, dass sich aus dem Bauordnungsrecht keine „Vorgaben“ oder zwingend einzuhaltende „Anforderungen“ bezüglich des zu wählenden Nachweisverfahrens oder im Hinblick auf die technisch möglichen Lüftungssysteme (LtM/ Fensterlüftung/ Kombination) ergeben.

Dennoch bietet der (bauordnungsrechtliche) Gesetzgeber dem Normadressaten (Planer) „Hilfestellungen“ (DIN 4108-2) in Form von „Anforderungen“, „Hinweisen“ bzw. „Planungsempfehlungen“ zum Umgang mit Feuchteschutzrisiken, d.h. der Vermeidung von Tauwasser/ Schimmelpilz (Mindestwärmeschutz/ Bautenschutz) und zur Sicherstellung hygienischer raumklimatischer Verhältnisse (Gesundheit/ Hygiene). (Ziff. 1.2/ 1.3)

Da diese normativen **Hinweise zur Konkretisierung „ausreichender Beheizung und Lüftung“ bei „üblicher Nutzung“** (DIN 4108-2:2013-02 Ziff. 3.1.6, 4.2.3, 6.2.3) der Erreichung bauordnungsrechtlicher Schutzziele – und damit der Risikominimierung - dienen, sind diese **im Bauordnungsrecht verankerten Inhalte vom Planer zwingend zu beachten**. Dementsprechend ergibt sich aus der Sicht des Normadressaten hier in Abhängigkeit von den Umständen des Einzelfalls die **Planungsaufgabe, Nutzungsrandbedingungen zu konkretisieren** (T Ziff. 4.1).

Damit ist festzuhalten: Aus den o.g. bauaufsichtlich in Bezug genommenen Norminhalten ergeben sich bezüglich bestimmter Lüftungsarten und -systeme keinerlei „zwingend einzuhaltende Vorgaben“.

Dennoch beinhalten die normativen Regelungsinhalte (DIN 4108-2) Hinweise und Planungsempfehlungen des bauordnungsrechtlichen Gesetzgebers zur Vermeidung von Feuchte- und Schimmelschäden. Normadressaten können hieraus schlussfolgern, dass aus Sicht des Gesetzgebers Feuchterisiken planerisch vermieden bzw. minimiert werden können, wenn Nutzungsrandbedingungen im Rahmen der Planung konkretisiert werden.

Diese Norminhalte können bei Ermittlung der geschuldeten Sollbeschaffenheit ohne Weiteres vertragsrechtliche Bedeutung erlangen. Damit bleibt es in der Verantwortung des Planers unter Berücksichtigung der bauordnungsrechtlich in Bezug genommenen Technischen Regeln sowie etwaiger weiterer „Erkenntnisquellen“ zu eruieren, welche Wege sicher zum Ziel führen – mithin: welches „Nachweisverfahren“ zur Zielerreichung geeignet ist und welche Lüftungssysteme auf dieser Grundlage zum Einsatz kommen können.

Fazit Nr.2: „Welcher Weg führt sicher zum Ziel?“ - Haftungskontrolle durch Konkretisierung Leistungsumfang

Dies erschließt sich für den Planer von Lüftungskonzepten zunächst aus dem funktionalen Mangelbegriff. Aus diesem ergibt sich die dringende Notwendigkeit sowohl die anvisierten Vertragsziele – hier vor allem die jeweils konkreten Zwecke und Eigenschaften der Wohnungslüftung – und den hierfür notwendigen Leistungsumfang („Wege zum Ziel“) planerisch zu erfassen und dementsprechend als „Sollbeschaffenheit des Lüftungskonzeptes“ zu vereinbaren. Deutlich wird, dass Aufklärungs- und Beratungsleistungen wesentlich für die Konkretisierung und etwaige „nachträgliche Anpassung“ des Erfolgsversprechens sind.

Fazit Nr.3: „Welcher Weg führt sicher zum Ziel?“ - Haftungskontrolle durch Aufklärung und Beratung

Zugleich stellen sich jedoch Aufklärungs- und Beratungsleistungen als ebenso bedeutsam für eine wirksame Haftungskontrolle dar. Denn Ausfluss der „Erfolgshaftung“ ist, dass es grundsätzlich dem Werkunternehmer obliegt, den „Weg zum Ziel“ zu kennen und etwaige diesbezügliche Risiken zu erkennen. Daraus resultiert für diesen die weitere Notwendigkeit, den Auftraggeber im Hinblick auf den Umgang mit den identifizierten Risiken in die Lage zu versetzen, eine sachgerechte Entscheidung treffen zu können. Damit dies auch

„haftungsbefreiend“ gelingt, sind die rechtlichen Anforderungen an Aufklärung und Beratung zwingend zu beachten (Ziff. 3.2.).

In Anbetracht des der juristischen Stellungnahme zugrunde liegenden technischen Sachverhalts kann resümiert werden, dass sich Wahrnehmung und Erfüllung von **Aufklärungs- und Beratungspflichten** als **zentrales Instrument zur vertraglichen Risikosteuerung und -verteilung bei Erstellung von Lüftungskonzepten** darstellen.

**Fazit Nr. 4: „ungewisser rechtlicher Status von TR/DIN-Normen“
Haftungskontrolle durch Konkretisierung Leistungsumfang auf Grundlage von Aufklärung und Beratung**

Auch, wenn „nichts vereinbart ist“ schuldet der Planer stets ein funktionstaugliches Werk sowie die Einhaltung der aRdT als Konkretisierung der gewöhnlichen Verwendungseignung, den sog. technischen Mindeststandard (3. Stufe Mangelbegriff). Dieser „Auffangtatbestand“ zur Mangelbeurteilung greift stets dann, wenn kein subjektiver Parteiwille bzgl. einer strittigen Sollbeschaffenheit (hier: des Lüftungskonzeptes) ermittelbar ist.

Im Ergebnis des technischen Sachverhaltes stehen verschiedene Nachweisverfahren zur Ermittlung notwendiger Luftwechsel zur Verfügung, die sich durch bestimmte Vor- und Nachteile sowie etwaige technische und/oder wirtschaftliche Risiken voneinander unterscheiden. Des Weiteren bestehen in den adressierten Fachkreisen unterschiedliche Auffassungen hinsichtlich der „technischen“ Geeignetheit der zur Verfügung stehenden Nachweisverfahren. Hieraus folgt, dass bezüglich des beweisrechtlichen Status der jeweiligen Inhalte Technischer Regeln/ DIN-Normen aktuell ungewiss ist, ob diese im Streitfall die Kriterien einer aRdT zu erfüllen vermögen oder nicht.

Sowohl in technischer wie in rechtlicher Hinsicht ergibt sich hieraus für den Planer - in Abhängigkeit von den vertragsgegenständlichen Randbedingungen - die Aufgabe die mit den jeweiligen Nachweisverfahren möglicherweise einhergehenden Risiken planerisch zu erfassen und diese auf Grundlage von Aufklärung und Beratung vertragsrechtlich aufzutragen.

Fazit Nr. 5: Planungs- und Rechtssicherheit durch Befassung mit den Nutzungsanforderungen

Die Befassung mit den Nutzungsanforderungen stellt sich daher auch aus rechtlicher Sicht als zentrale Einflussgröße für die Planungs- und Rechtssicherheit dar. Zugleich ist dies wesentliche Grundlage für die Sicherstellung einer funktionstauglichen Wohnungslüftung durch den „realen“ Nutzer. So schließt sich auch der Kreis zwischen bau- und mietvertragsrechtlichen „Unwägbarkeiten“ in der Befassung mit den Nutzungsanforderungen. Baubeteiligte haben daher keine andere Wahl, als dies zu tun – je früher, desto besser.

Literatur

- [1] www.wissen.de
- [2] Handbuch zur Messung der empfundenen Luftqualität, Luftqualität in Innenräumen, November 2004, Technische Universität Berlin, Hermann-Rietschel-Institut
- [3] Wikipedia
- [4] VDI 4300 Blatt 9:2003 Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messstrategie für Kohlendioxid (CO₂), 2003, Beuth Verlag GmbH
- [5] DIN EN 15665:2009-09 Lüftung von Gebäuden – Bestimmung von Leistungskriterien für Lüftungssysteme in Wohngebäuden, 2009, Beuth Verlag GmbH
- [6] Recknageln Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Ernst R. Schramek (Hrsg.), 1999, Oldenbourg
- [7] Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden, 2008 51:1358–1369 DOI 10.1007/s00103-008-0707-2, 2008, Springer Medizin Verlag
- [8] www.daab.de
- [9] www.agoef.de
- [10] www.bmu.de
- [11] www.umweltbundesamt.de
- [12] E DIN/TS 18117-1:2020-04, Bauliche und lüftungstechnischen Maßnahmen zum Radonschutz – Teil 1 Begriffe, Grundlagen und Beschreibung von Maßnahmen, 2020, Beuth Verlag GmbH
- [13] BMAS, Bundesministerium für Arbeit und Soziales: „Infektionsschutzgerechtes Lüften – Empfehlung der Bundesregierung“, September 2020
- [14] ASR A3.6 Lüftung, Bekanntmachung des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales vom 30. Januar 2012; Änderung vom 28. Februar 2013, Gemeinsames Ministerialblatt 2012 Nr. 6, Seite 92; 2013 Seite 359
- [15] Manuskript DIN/TS 4108-8 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden, Bearbeitung 2020-12-02 , NA 005-56-91 AA Wärmetransport
Überarbeiteter DIN-Fachbericht 4108-8 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden, September 2010, Beuth Verlag GmbH
- [16] Pohl, W.-H., Horschler, S.: Energieeffiziente Wohngebäude. Hrsg.: BEB Erdgas und Erdöl GmbH, Hannover, August 2002
- [17] Künzel, Helmut: Richtiges Lüften in Wohnungen, 6., überarbeitete Auflage, 2019 Fraunhofer IRB-Verlag
- [18] Moriske, H.-J. et alt., Leitfaden, Zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden, 2017, Umweltbundesamt Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau
- [19] WECOBIS.de, Informationsportal zu Umwelt- und Gesundheitsaspekten bei der Baustoffwahl
- [20] www.umweltbundesamt.de/themen/raum-fuer-raum-renovieren

- [21] DIN V 4108-6 Vornorm, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs, Juni 2003, Beuth Verlag GmbH
- [22] DIN V 4701-10 Vornorm, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, August 2003, Beuth Verlag GmbH
- [23] DIN V 18599 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teile 1 bis 12, Beuth Verlag GmbH, September 2018, Beuth Verlag GmbH
- [24] DIN V 18599-10 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten, September 2018, Beuth Verlag GmbH
- [25] Typ P2 auf NEH-Niveau, Berlin-Friedrichshagen, KÖWOGE Köpenicker Wohnungsgesellschaft mbH Berlin, 2003
- [26] Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäude, Teil II Wohngebäude, Empfehlungen des Arbeitskreis Lüftung (AK Lüftung) am Umweltbundesamt, 2020, Umweltbundesamt Beratung Umwelthygiene FB II (BU), Dessau-Roßlau
- [27] <https://www.topskwlfilter.de/de/helios/kwl-ec-200-300>
- [28] <https://shk-frankfurt.de/stundenverrechnungssaetze>
- [29] DIN 4109-1 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen, Januar 2018, Beuth Verlag GmbH
- [30] Umweltatlas Berlin / [Strat. Lärmkarte Gesamtlärmindex L_DEN (Tag-Abend-Nacht) Raster 2017 (Umweltatlas)], 13.02.2018, <https://fbinter.stadt-berlin.de>
- [31] Umweltatlas Berlin / [Strat. Lärmkarte Fassadenpegel Gesamtlärm L_N (Nacht) 2017 (Umweltatlas)], 13.02.2018, <https://fbinter.stadt-berlin.de>
- [32] Schallschutz bei teilgeöffneten Fenstern, HafenCity Hamburg GmbH, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Amt für Landes- und Landschaftsplanung. Hamburg 2011
- [33] DIN 4109-5 Schallschutz im Hochbau - Teil 5: Erhöhte Anforderungen, August 2020, Beuth Verlag GmbH
- [34] VDI 4100 Schallschutz im Hochbau - Wohnungen - Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz, Oktober 2012, Beuth Verlag GmbH
- [35] DEGA-Empfehlung 103 Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis, Januar 2018, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.
- [36] Anlage zum Merkblatt Energieeffizient Bauen, Technische Mindestanforderungen, Stand: 01/2020 (gültig ab 01.01.2020), www.kfw.de
- [37] Infoblatt Energieeffizient Bauen und Sanieren – Wohngebäude, Liste der Technischen FAQ, Stand: 05/2020 (gültig ab 01.05.2020), www.kfw.de
- [38] DIN 1946-6 Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung, Dezember 2019, Beuth Verlag GmbH
- [39] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Ausgabe August 2017, DIBt Mitteilungen, Deutsches Institut für Bautechnik

- [40] Musterbauordnung – MBO – Fassung November 2002 zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 27.9.2019, www.bauministerkonferenz.de
- [41] Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen, Stand April 2009, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom 1. Juli 2010, Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU
- [42] DIN 18017-3 Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren, September 2009, Beuth Verlag GmbH
- [43] DIN 18017-3 Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren, Mai 2020, Beuth Verlag GmbH
- [44] DIN-Fachbericht 4108-8 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden, September 2010, Beuth Verlag GmbH
- [45] DIN 4108-2 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Februar 2013, Beuth Verlag GmbH
- [46] Muster – Feuerungsverordnung (M-FeuVO), Stand: Juni 2005, www.bauministerkonferenz.de
- [47] Technische Regel für Gasinstallationen, DVGW-TRGI 2018, 2018, DVGW
- [48] DIN 1946-6 Beiblatt 3 Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung; Beiblatt 3: Gemeinsamer und nicht gemeinsamer Betrieb von Lüftungsgeräten und Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe – Installationsregel, Juni 2017, Beuth Verlag GmbH
- [49] DIN 1946-6 Beiblatt 4 Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung; Beiblatt 4: Gemeinsamer Betrieb von Lüftungsgeräten und Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe – Installationsbeispiele, Juni 2017, Beuth Verlag GmbH
- [50] Stork, P.; Lötfering, J.; Thomschke, C.; FLiB-Buch Band 2, 2015, Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V.
- [51] DIN 4108-3 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Oktober 2018, Beuth Verlag GmbH
- [52] DIN 4108-7 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele, Januar 2011, Beuth Verlag GmbH
- [53] DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“, Juli 1952
- [54] DIN EN 15242 Lüftung von Gebäuden — Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration, September 2007, Beuth Verlag GmbH
- [55] DIN EN 16798-7 Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 7: Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration (Modul M5-5), November 2017, Beuth Verlag GmbH

- [56] DIN V 18599-2 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäuden, September 2018, Beuth Verlag GmbH
- [57] Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und Verwaltungsgebäude, BNB BN 3.1.3, Version V 2015, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
- [58] DIN EN 16798–1 Energetische Bewertung von Gebäuden — Lüftung von Gebäuden – Teil1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik, April 2021, Beuth Verlag GmbH
- [59] DIN 1946-6 Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung, Mai 2009, Beuth Verlag GmbH
- [60] Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP),
https://passiv.de/de/04_phpp/04_phpp.htm
- [61] Berechnungshilfe für Verfahrenshinweis Nachtlüftung, Landeshauptstadt Hannover
- [62] Fachbereich AKTUELL FBHM-114, Möglichkeiten zur Bewertung der Lüftung anhand der CO₂-Konzentration, 2.11.2020, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
- [63] DIN EN 12831-1 Energetische Bewertung von Gebäuden –Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast –Teil 1: Raumheizlast, Modul M3-3, September 2017, Beuth Verlag GmbH