

DIN/TS 4108-8

ICS 91.120.10

Ersatz für
DIN-Fachbericht 4108-8:2010-09**Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –
Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden**Thermal insulation and energy economy in buildings –
Part 8: Avoidance of mould growth in residential buildingsIsolation thermique et économie d'énergie en bâtiments immeubles –
Partie 8: Évitement du pousse de moisures

Gesamtumfang 116 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

	Seite
Vorwort	7
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	11
4 Schimmelpilzwachstum	12
4.1 Allgemeines.....	12
4.2 Bedingungen für das Schimmelpilzwachstum.....	14
4.2.1 Feuchtebedingungen.....	14
4.2.2 Nährstoffangebot.....	14
4.2.3 pH-Wert.....	14
4.2.4 Temperatur	14
4.2.5 Oberflächenbeschaffenheit.....	14
5 Baukonstruktion	15
5.1 Wärmeübergangswiderstand	15
5.2 Oberflächentemperatur der Regelbauteilflächen	15
5.3 Oberflächentemperatur im Bereich von Wärmebrücken.....	17
5.4 Oberflächentemperatur bei Fenstern, Fenstertüren und Türen	17
6 Nutzereinfluss auf das Schimmelpilzwachstum	18
6.1 Allgemeines.....	18
6.2 Feuchtfreisetzung	18
6.3 Lüftungsverhalten (manuelles Fensteröffnen)	21
6.3.1 Einflussgrößen.....	21
6.3.2 Erforderlicher Außenluftvolumenstrom bei kontinuierlicher Lüftung.....	22
6.3.3 Empfehlungen für das Lüften	24
6.4 Heizverhalten (Raumlufttemperatur).....	26
6.4.1 Einflussgrößen.....	26
6.4.2 Empfehlungen für das Heizen	28
6.5 Positionierung der Möbel/Anbringen von Wandbekleidungen	29
7 Lüftungs- und heizungstechnische Maßnahmen	30
7.1 Allgemeines.....	30
7.2 Lüftungs- und heizungstechnische Systeme	30
7.3 Heizungstechnische Maßnahmen	30
8 Begutachtung bei bestehenden Gebäuden	31
8.1 Allgemeines.....	31
8.2 Mögliche Messungen	32
8.2.1 Arten von Messungen.....	32
8.2.2 Einflüsse auf die Messwerte der Oberflächentemperaturen	32
8.2.3 Messungen zur Beurteilung von Wärmebrücken und des baulichen Mindestwärmeschutzes	33
8.2.4 Hinweise zur Messung der Baufeuchte	33
8.3 Mögliche Untersuchungsmethoden für Wärmebrücken	33
8.4 Beurteilung des Lüftungsverhaltens.....	33
9 Beseitigung	34

Anhang A (informativ) Historische Entwicklung von Mindestanforderungen an baulichen Wärmeschutz	35
A.1 Allgemeines	35
Anhang B (informativ) Gutachten bei Schimmelpilzschäden	52
B.1 Allgemeines	52
B.2 Angaben/Datenaufnahme	52
B.2.1 Allgemeine Daten zum Gebäude/Wohnung	52
B.2.2 Daten zum Feuchteschaden	52
B.3 Mögliche Beurteilungskriterien	53
B.3.1 Allgemeines	53
B.3.2 Ausgrenzung anderer möglicher Schadensursachen	53
B.3.3 Gebäude	54
B.3.4 Nutzverhalten	54
B.3.5 Vermieter	54
Anhang C (informativ) Wärmedämmgebiete der DIN 4108 (ab Ausgabe 1952-07 bis einschließlich Ergänzende Bestimmungen zur DIN 4108 von 1974-10)	55
Anhang D (informativ) Überblick über Verfahren zum Nachweis der Lüftung zum Feuchteschutz....	56
Anhang E (informativ) Beispielrechnungen — Grafisches Verfahren	57
E.1 Allgemeines	57
Anhang F (informativ) Rechnerisches Verfahren nach DIN 1946-6 und DIN 18017-3.....	65
F.1 Allgemeines	65
F.2 Verwendete Formelzeichen	65
F.3 Beispielrechnungen einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus (MFH)	65
F.3.1 Allgemeines	65
F.3.2 Randbedingungen für Beispielrechnungen	66
F.3.3 Beispiel F1: Freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe ALD mit zusätzlichem manuellen Fensteröffnen nach Bedarf.....	68
F.3.4 Beispiel F.2: Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 im fensterlosen Bad mit zusätzlichem manuellen Fensteröffnen nach Bedarf.....	70
F.4 Beispielrechnungen eines Einfamilienhauses (EFH)	73
F.4.1 Allgemeines	73
F.4.2 Randbedingungen für die Beispielrechnung.....	74
F.4.3 Beispiel F.3: Geringe Belegung; freie Lüftung als Querlüftung (Feuchteschutz) und zusätzliches manuelles Fensteröffnen nach Bedarf.....	76
F.4.4 Beispiel F.4: Hohe Belegung; freie Lüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe ALD als Querlüftung (Feuchteschutz) und zusätzliches manuelles Fensteröffnen nach Bedarf.....	77
Anhang G (informativ) Berechnung von Luftvolumenströmen durch offene Fenster.....	81
G.1 Allgemeines	81
G.2 Formelzeichen	81
G.3 Berechnungen Luftvolumenströme für Gebäude mit geöffneten Fenstern.....	83
G.3.1 Grundlagen	83
G.3.2 Flächenbestimmung	83
G.3.3 Thermisch induzierte Luftvolumenströme.....	87
G.3.4 Windinduzierte Luftvolumenströme	93
G.3.5 Überlagerte Luftvolumenströme.....	94
G.4 Beispielrechnungen.....	95
G.4.1 Beispiel 1 — Ein-Raum-Beispiel	95
G.4.2 Beispiel 2 — Wohnung im Mehrfamilienhaus.....	99
G.5 Anhaltswerte für Luftvolumenstrom und Luftwechsel in Abhängigkeit von der Fensterstellung in der Heizperiode.....	102
G.6 Randbedingungen	103

Anhang H (informativ) Erforderlicher Luftvolumenstrom bei raumweise ermittelten Feuchtelasten	104
H.1 Allgemeines.....	104
H.2 Berechnung des notwendigen Luftvolumenstromes.....	104
H.3 Kritischer Feuchtegehalt	104
H.4 Feuchtelast im Raum.....	105
H.4.1 Stationäre Feuchtelast.....	105
H.4.2 Wasserdampfproduktion durch Personen	105
H.4.3 Wasserdampfproduktion durch Pflanzen.....	106
H.4.4 Wasserdampfproduktion durch sonstige Feuchtebelastungen	106
H.4.5 Wasserdampfproduktion durch sonstige Feuchtelast im Bad	106
H.4.6 Wasserdampfproduktion durch sonstige Feuchtelast in der Küche	106
H.4.7 Wasserdampfproduktion durch Wäschetrocknen.....	107
H.4.8 Wasserdampfproduktion durch individuelle Feuchtequellen.....	107
H.5 Raumseitige Oberflächentemperatur.....	107
H.6 Berechnungsbeispiel.....	108
H.6.1 Feuchtelast in einer Wohnung.....	108
H.6.2 Volumenströme in den Räumen.....	110
H.6.3 Notwendige Fensterlüftung	110
H.6.4 Durch weitere Maßnahmen zu deckender Volumenstrom $q_{V,verbl}$	112
Literaturhinweise	113

Bilder

Bild 1 — Zusammenhang zwischen Innenlufttemperatur, Raumluftfeuchte und mindestens erforderlicher Innenoberflächentemperatur für eine oberflächennahe Luftfeuchte von 80 %	17
Bild 2 — Beispielszenarien für die tägliche Feuchteabgabe bei üblichem Wohnverhalten.....	20
Bild 3 — Einflussgrößen auf das Lüftungs-/Heizverhalten.....	21
Bild 4 — Beispiel: Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6:2019-12	23
Bild 5 — Beispiel: Resultierender Luftwechsel in Abhängigkeit von Netto-Raumfläche und Luftvolumenstrom Lüftung (mittlere Raumhöhe 2,50 m)	24
Bild 6 — Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Luftfeuchtegehalt bzw. relativer Luftfeuchte (für Gesamtdruck $p = 0,1$ MPa)	27
Bild 7 — Zusammenhang zwischen Feuchtelast, Raum- und Außenlufttemperatur sowie Luftvolumenstrom bei kontinuierlicher Lüftung (Ziel: Einhaltung von $\varphi_{si} \leq 80$ % bei $\varphi_a = 80$ % und $f_{Rsi} = 0,70$ nach DIN 4108-2, für Gesamtdruck $p = 0,1$ MPa)	28
Bild C.1 — Wärmedämmgebiete der DIN 4108 (ab Ausgabe 1952-07 bis einschließlich Ergänzende Bestimmungen zur DIN 4108 von 1974-10)	55
Bild D.1 — Überblick über die beschriebenen Verfahren für mögliche Nachweise der Lüftung zum Feuchteschutz.....	56
Bild E.1 — Infiltration und notwendige Lüftung zum Feuchteschutz bei teilmodernisierten Gebäuden (Gebäudedichtheit wurde erhöht) mit geringem Wärmeschutz (vor WSV095) und hoher Belegung (< 40 m²/Person)	58

Bild E.2 — Infiltration und notwendige Lüftung zum Feuchteschutz bei teilmodernisierten Gebäuden (Gebäudedichtheit wurde erhöht) mit geringem Wärmeschutz (vor WSV095) und geringer Belegung ($\geq 40 \text{ m}^2/\text{Person}$)	59
Bild E.3 — Infiltration und notwendige Lüftung zum Feuchteschutz bei modernisierten Gebäuden mit hohem Wärmeschutz (mindestens entsprechend WSV095) und hoher Belegung ($< 40 \text{ m}^2/\text{Person}$)	60
Bild E.4 — Infiltration und notwendige Lüftung zum Feuchteschutz bei modernisierten Gebäuden mit hohem Wärmeschutz (mindestens entsprechend WSV095) und geringer Belegung ($\geq 40 \text{ m}^2/\text{Person}$)	61
Bild E.5 — Infiltration und notwendige Lüftung zum Feuchteschutz bei Neubaugebäuden und hoher Belegung ($< 40 \text{ m}^2/\text{Person}$)	62
Bild E.6 — Infiltration und notwendige Lüftung zum Feuchteschutz bei Neubaugebäuden und geringer Belegung ($\geq 40 \text{ m}^2/\text{Person}$)	63
Bild F.1 — Grundriss Whg. 3: Bad mit Fenster (Beispiel F.1)	66
Bild F.2 — Grundriss Whg. 4: Fensterloses Bad (Beispiel F.2)	67
Bild F.3 — Darstellung der Lüftungstechnischen Maßnahmen Beispiel F.1	70
Bild F.4 — Darstellung der Lüftungstechnischen Maßnahmen Beispiel F.2	73
Bild F.5 — Grundriss Erdgeschoss im Einfamilienhaus (Beispiel F.3 und Beispiel F.4)	74
Bild F.6 — Grundriss Obergeschoss im Einfamilienhaus (Beispiel F.3 und Beispiel F.4)	75
Bild F.7 — Darstellung der Lüftungstechnischen Maßnahmen Beispiel F.4 Erdgeschoss Einfamilienhaus mit hoher Belegung	79
Bild F.8 — Darstellung der Lüftungstechnischen Maßnahmen Beispiel F.4 Obergeschoss Einfamilienhaus mit hoher Belegung	80
Bild G.1 — Grundriss Raum mit realen Öffnungsflächen, Draufsicht	87
Bild G.2 — Aus dem Grundriss abgeleitetes Berechnungsmodell mit wirksamen Öffnungsflächen der Fassadengruppen 1 und 2, Draufsicht	87
Bild G.3 — Ermittlung des Höhenunterschieds anhand der Flächenschwerpunkte der Öffnungen für Fassadengruppe 1 und Fassadengruppe 2	89
Bild G.4 — Beispiel 1.a mit einem komplett geöffneten Fenster (links), Beispiel 1.b mit 2 gekippten Fenstern (rechts)	95
Bild G.5 — Luftvolumenströme und Luftwechsel für die Lüftungssituation kein Luftverbund, alle Fenster komplett geöffnet oder alle Fenster gekippt	100
Bild G.6 — Luftvolumenströme und Luftwechsel für die Lüftungssituation kein Luftverbund, 2 Fenster im Schlafzimmer komplett oder 2 Fenster im Schlafzimmer gekippt	101
Bild G.7 — Luftvolumenströme und Luftwechsel für die Lüftungssituation mit Luftverbund	102
Bild H.1 — Beispielwohnung	109
Tabellen	
Tabelle 1 — Typische nutzungsbedingte Feuchtequellen in Wohnungen	19
Tabelle A.1 — Historische Entwicklung der Definition leichter Bauteile in den DIN-Normen mit Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz	37

Tabelle A.2 — Historische Entwicklung der Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz flächiger Bauteile in den DIN-Normen — Schwere Bauteile.....	37
Tabelle A.3 — Historische Entwicklung der Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz leichter flächiger Bauteile in den DIN-Normen — Leichte Bauteile — Außenwände und Dächer	41
Tabelle A.4 — Historische Entwicklung der Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz leichter flächiger Bauteile in den DIN-Normen — Leichte Bauteile — Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen.....	43
Tabelle A.5 — Historische Entwicklung der Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz flächiger Bauteile in den TGL der DDR.....	45
Tabelle F.1 — Formelzeichen und Einheiten	65
Tabelle F.2 — Wohnung im MFH Beispiel F.1 und F.2 — Grunddaten für die Bestimmung der Luftvolumenströme	67
Tabelle F.3 — EFH Beispiel F.3 und Beispiel F.4 — Grunddaten für die Bestimmung der Luftvolumenströme	75
Tabelle G.1 — Formelzeichen und Einheiten.....	81
Tabelle G.2 — Übersicht zu unterschiedlichen Fensterarten und den Berechnungsvorschriften für Fensteröffnungsfläche und Höhe des Flächenschwerpunkts.....	90
Tabelle G.3 — Abschirmungsfaktor und Höhenfaktor	94
Tabelle G.4 — Rauheitsparameter für örtliche Windgeschwindigkeit an der Fassade	94
Tabelle G.5 — Beispiel 1.a — 1 Fassade mit einem komplett geöffneten Fenster	96
Tabelle G.6 — Beispiel 1.b — 2 Fassaden mit gekippten Fenstern.....	97
Tabelle G.7 — Luftwechsel in Abhängigkeit von der Fensterstellung und Fenstergröße	103
Tabelle H.1 — Anhaltswerte für den Temperaturfaktor f_{Rsi}	108
Tabelle H.2 — Beispiel für die Feuchtebelastung einer Wohnung im Mehrfamilienhaus	109
Tabelle H.3 — Beispiel für die Bestimmung der Lüftung zum Feuchteschutz mit Außenluft.....	110
Tabelle H.4 — Volumenstrom durch Fensteröffnung nach Anhang G für das Wohnzimmer	111

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-56-91 AA „Wärmetransport (SpA zu CEN/TC 89 (teilweise), CEN/TC 89/WG 12 (teilweise), ISO/TC 163 (teilweise), ISO/TC 163/SC 2/WG 9 (ohne transparente Bauteile))“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

Die Herausgabe dieses Dokuments „Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden“ erfolgt in Zusammenhang mit Problemen des Schimmelpilzwachstums in Wohngebäuden und soll bei der Klärung von Ursachen und der Einleitung von Gegenmaßnahmen der richtigen, vorausschauenden Planung Unterstützung geben. Die bisher nur partiell oder nicht geregelten Einflussfaktoren aus verschiedenen Bereichen (Baukonstruktionen, Heizung, Lüftung, Nutzung) werden dazu in diesem Dokument einer ganzheitlichen Betrachtungsweise unterworfen.

Schimmelpilze sind ein Teil der belebten Umwelt. Sie sind sowohl im Boden als auch in der Luft vorzufinden. Eine erhöhte Sporenkonzentration in der Raumluft, verursacht durch das Schimmelpilzwachstum an den Innenoberflächen von bewohnten Räumen, kann zur Beeinträchtigung der Gesundheit führen. Schimmelpilzwachstum ist daher aufgrund der möglichen toxischen Wirkungen und Allergene zu vermeiden.

Nutzer von Räumen, insbesondere von Wohnräumen, kennen in den meisten Fällen nicht den Feuchte- und Wärmeschutz des Gebäudes, um gezielt und selbständig alle erforderlichen Maßnahmen zu treffen, die Schimmelpilzwachstum vermeiden helfen. Der Bauherr bzw. der Eigentümer ist dagegen am besten über den Feuchte- und Wärmeschutz seines Gebäudes informiert. Daher hat er es in der Hand, die Nutzer zwecks Vermeidung von Schimmelpilzwachstum entweder bei Raumüberlassung oder nach Durchführung baulicher Maßnahmen, die Veränderungen im Wärme- und Feuchteschutz herbeiführen, über die erforderlichen Lüftungs- und sonstigen maßgeblichen Verhaltensmaßnahmen aufzuklären.

Vor allem bei der energetischen Modernisierung ist es empfehlenswert, dass der Planer bzw. Gebäudeeigentümer die Gebäudenutzer über Konsequenzen für das zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum erforderliche Heizungs-, Lüftungs- und sonstige Verhalten informiert.

Dieses Dokument ist im Zusammenhang mit der Normenreihe DIN 4108 anzuwenden, insbesondere mit den in DIN 4108-2 beschriebenen Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz.

Die Reihe DIN 4108, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden* besteht aus:

- Teil 1: Größen und Einheiten¹
- Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
- Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
- Teil 5: Berechnungsverfahren²
- Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs (Vornorm)³

¹ Zurückgezogen 2011-03

² Zurückgezogen 2001-07

³ Zurückgezogen 2021-07

- *Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden — Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele*
- *Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden*
- *Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*
- *Teil 11: Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen mit Klebebändern und Klebmassen zur Herstellung von luftdichten Schichten*
- *Teil 20: Thermisches Verhalten von Gebäuden; Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik; Allgemeine Kriterien und Berechnungsalgorithmen (Vorschlag für eine Europäische Norm)⁴*
- *Teil 21: Außenwände von Gebäuden; Luftdurchlässigkeit; Prüfverfahren (Vorschlag für eine Europäische Norm)⁵*
- *Beiblatt 1: Inhaltsverzeichnisse, Stichwortverzeichnis⁶*
- *Beiblatt 2: Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele*

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Technische Spezifikationen sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Zur vorliegenden Technischen Spezifikation wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Erfahrungen mit dieser Technischen Spezifikation sind erbeten:

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nabau@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin).

Änderungen

Gegenüber DIN-Fachbericht 4108-8:2010-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Dokumentenart von DIN-Fachbericht zu DIN/TS geändert;
- b) Vorwort überarbeitet;

⁴ Zurückgezogen 2001-07

⁵ Zurückgezogen 2000-04

⁶ Zurückgezogen 2011-03

- c) normative Verweisungen aktualisiert;
- d) Abschnitt 3 „Begriffe“, Abschnitt 4 „Schimmelpilzwachstum“, Abschnitt 5 „Baukonstruktion“, Abschnitt 6 „Nutzereinfluss auf das Schimmelpilzwachstum“, Abschnitt 7 „Lüftungs- und heizungstechnische Maßnahmen“, Abschnitt 8 „Begutachtung bei bestehenden Gebäuden“, Anhang A, Anhang B und Anhang C allgemein und redaktionell überarbeitet;
- e) Aufnahme neuer informativer Anhänge: Anhang D „Überblick über Verfahren zum Nachweis der Lüftung zum Feuchteschutz“, Anhang E „Beispielrechnungen — Grafisches Verfahren“, Anhang F „Rechnerisches Verfahren nach DIN 1946-6 und DIN 18017-3“, Anhang G „Berechnung von Luftvolumenströmen durch offene Fenster“, Anhang H „Erforderlicher Luftvolumenstrom bei raumweise ermittelten Feuchtelasten“;
- f) Literaturhinweise aktualisiert.

Frühere Ausgaben

DIN-Fachbericht 4108-8: 2010-09

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gibt Planungs- und Nutzungshinweise zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Aufenthaltsräumen von Hochbauten sowohl für den Neubau als auch für das Bauen im Bestand. Es wird eine wohnungsübliche bzw. wohnungsähnliche Nutzung, insbesondere hinsichtlich der Innentemperaturen und der Feuchtelasten, vorausgesetzt.

Dieses Dokument gilt nicht für Bereiche mit abweichenden thermischen oder hygrischen Verhältnissen (z. B. Schwimmbäder oder unbeheizte Glasvorbauten). Diese Bauten erfordern eine gesonderte Bewertung.

Dieses Dokument gibt weiterhin Hinweise für die Planung und Nutzung von Heizungs- und Lüftungssystemen. Das Ziel ist es, eine Vermeidung und Bekämpfung der Lebensbedingungen der Schimmelpilze unter Beachtung der bauphysikalischen Zusammenhänge zu unterstützen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1946-6:2019-12, *Raumlufttechnik — Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung*

DIN 4108 (alle Teile), *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden*

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

DIN 4108-3:2018-10, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz — Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*

DIN 18017-3, *Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster — Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren*

DIN EN 12792, *Lüftung von Gebäuden — Symbole, Terminologie und graphische Symbole*

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)*

DIN EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 10211, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Detaillierte Berechnungen*

DIN EN ISO 13788, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen — Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren — Berechnungsverfahren*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 4108 (alle Teile), DIN 1946-6:2019-12, DIN EN 12792 und die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-Terminologie Portal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

Außenbauteil-Luftdurchlass

ALD

Vorrichtung, die das Durchströmen von Luft durch die Gebäudehülle bei geringstmöglichem Eindringen von Regen, Schnee, Fremdkörpern usw. ermöglicht; sie kann mit einer Luftvolumenstrom-Regelung ausgerüstet sein

[QUELLE: DIN EN 12792:2004-01, 144, modifiziert - in der Benennung wurde „Außenwand“ zu „Außenbauteil“ geändert. Die Abkürzung wurde ergänzt.]

3.2

Überströmluft-Durchlass

ÜLD

Luftdurchlass in Innentüren oder -wänden einer Nutzungseinheit, der eine Luftströmung von den Räumen mit höherem zu den Räumen mit niedrigerem Druckniveau auch bei geschlossenen Innentüren sicherstellt

[QUELLE: DIN 1946-6:2019-12, 3.1.37]

3.3

Fensterlüftung

freie Lüftung durch Öffnen der Fenster

[QUELLE: DIN EN 12792:2004-01, 41]

3.4

Schachtlüftung

freie (natürliche) Lüftung über einen um nicht mehr als 45° von der Vertikalen abweichenden Lüftungsschacht

3.5

äquivalenter Wärmeübergangswiderstand

$R_{si,äq}$

die Summe aller Wärmeübergangs- und Wärmedurchlasswiderstände (z. B. Einbauschränk) zwischen der Raumluft und der raumseitigen Wandoberfläche

3.6

Schimmelpilz

Pilz, der ein sichtbares Fadengeflecht (Myzel) auf befallenen Oberflächen bildet und für den ein flaumiger oder staubiger Belag, der von weiß, grau bis tiefschwarz oder gelb, grün, blau bis leuchtend rot erscheinen kann, charakteristisch ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Schimmelpilze setzen sich größtenteils aus der Familie der Ascomyceten (Schlauchpilze) und Zygomyceten (Jochpilze) zusammen, genauer noch von deren sogenannten ungeschlechtlichen Erscheinungsformen, den sogenannten Deuteromycetes (früher als Fungi imperfecti bezeichnet). Bekannte Vertreter sind Mucor-Arten (Köpfchenschimmel), Aspergillus-Arten (Gießkannenschimmel), Penicillium-Arten (Pinselschimmel) oder die

Schimmelarten, welche ein dunkles Myzel bilden und auch häufig als Gruppe der Dematiaceae (Schwärzepilze) zusammengefasst werden. In Abgrenzung zu den Schimmelpilzen werden Basidiomyceten (Ständerpilze und holzerstörende Pilze) nicht zu den Schimmelpilzen gezählt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Von den wahrscheinlich bis zu 1 Million unterschiedlichen Schimmelpilzarten, die in der Natur vorkommen, ist in der Innenraumluft mit dem Vorkommen von etwa 200 Schimmelpilzarten zu rechnen, wobei folgenden Schimmelpilzen als Indikator für einen Feuchteschaden eine besondere Bedeutung zukommt:

- *Acremonium* spp.;
- *Aspergillus penicillioides*;
- *Aspergillus restrictus*;
- *Chaetomium* spp.;
- *Engyodontium* (*Tritirachium*) *album*;
- *Phialophora* spp.;
- *Scopulariopsis brevicaulis*;
- *Scopulariopsis fusca*;
- *Stachybotrys chartarum*;
- *Trichoderma* spp.

3.7

Schimmelpilzwachstum

Vermehrung und Verbreitung von Schimmelpilzen, die bei einer erhöhten Feuchte sowie unter bestimmten Randbedingungen bezüglich Temperatur, pH-Wert und Nährstoffangebot erfolgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach allgemeiner Auffassung (Leitfaden des Umweltbundesamts [1] [2] und des Landesgesundheitsamts Baden-Württemberg [6] [7]) kann von einer erhöhten Feuchte und einem Schimmelpilzbefall im Innenraum eine gesundheitliche Belastung ausgegangen werden [9].

3.8

Stoßlüftung

Austausch der Raumluft durch vollständiges Öffnen der/des Fenster(s) eines Raumes für einige Minuten

3.9

Querlüftung

Abfuhr bzw. Zufuhr von Luft über Lüftungsöffnungen in verschiedenen orientierten Fassaden durch gegenüberliegende Fenster oder sonstigen Öffnungen bei gleichzeitig geöffneten Innentüren bzw. freie Lüftung, infolge des Differenzdrucks, der durch Winddruck auf die Gebäudeaußenflächen entsteht

3.10

Netto-Raumfläche

Fußbodenfläche des Raumes berechnet mit den lichten Innenmaßen

3.11

Netto-Raumvolumen

Volumen des Raumes berechnet mit der Netto-Raumfläche und der lichten Raumhöhe

4 Schimmelpilzwachstum

4.1 Allgemeines

Das Auftreten einzelner Schimmelpilzarten im Innenraum ist häufig mit bestimmten Ursachen bzw. Quellen assoziiert:

- *Cladosporium herbarum*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*

- Vegetation;
- *Aspergillus fumigatus*
 - Kompostierung, Verrottung von Pflanzenmaterial;
- verschiedene *Penicillium*-Arten
 - verderbende Lebensmittel, Abfälle, Bioabfälle;
- *Stachybotrys chartarum*, *Chaetomium* spp., *Acremonium* spp.
 - sehr feuchte, cellulosehaltige Baumaterialien;
- *Phialophora* spp., *Engyodontium album*, *Scopulariopsis* spp.
 - feuchter Putz mit organischen Bestandteilen;
- *Aspergillus penicillioides*, *Aspergillus restrictus*, *Eurotium* spp., *Wallemia sebi*
 - zellulosehaltige Materialien mit leicht erhöhter Feuchtigkeit;
- *Eurotium* spp.
 - feuchtes Leder (Schuhe usw.), Tierhaltung;
- *Wallemia sebi*, *Eurotium* spp.
 - Käfigtierhaltung mit Einstreu.

Bei für Schimmelpilzarten idealen Wachstumsbedingungen insbesondere hinsichtlich der Feuchte auf den Bauteiloberflächen ist damit zu rechnen, dass es zu einem Schimmelpilzbefall mit einer Vielzahl unterschiedlicher Arten kommt.

Bei für Schimmelpilzarten ungünstigen Wachstumsbedingungen setzen sich vor allem die Schimmelpilzarten durch, die bezüglich ihrer Lebensbedingungen diesen Gegebenheiten am besten angepasst sind. Im Verlauf eines Schimmelpilzschadens können sich die Wachstumsbedingungen ändern und damit auch die dominanten Schimmelpilzarten.

Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ist aus hygienischer Sicht aufgrund der möglichen toxischen Wirkungen und Allergien zu vermeiden.

Die Baukonstruktion muss die Voraussetzung schaffen, dass bei üblicher Nutzung der Räume ausreichend hohe innere Oberflächentemperaturen zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum auftreten. Die Anforderungen nach DIN 4108-2 sind einzuhalten.

Konstruktive Gegebenheiten in den flächigen Bauteilen bei Einbauteilen (punktförmige Wärmebrücken) und an den Stoßstellen zwischen Bauteilen (linienförmige Wärmebrücken) beeinflussen die thermische Situation und die Gefahr von Tauwasser und Schimmelpilzwachstum in diesen Bereichen.

Daneben muss die Baukonstruktion über einen ausreichenden Schutz vor Regen- oder Schlagregen, aufsteigender Feuchte und unzulässiger Tauwasserbildung im Inneren der Konstruktion verfügen. Bei Neubauten kann aufgrund der herstellungsbedingten Feuchte einzelner Bauteile zeitweise ein erhöhtes Risiko einer Schimmelpilzbildung oder gar Tauwasserbildung vorliegen.

Seit der bauaufsichtlichen Einführung von DIN 4108-2:2001-03 werden auch an Wärmebrücken Anforderungen gestellt. Im Normalfall sind Wärmebrücken die kritischen Bereiche der Gebäudehülle und daher primär nachzuweisen. Der Nachweis kann erfolgen über

- DIN 4108 Beiblatt 2;
- Wärmebrückenkataloge, die den Randbedingungen von DIN 4108-2 entsprechen;
- die raumseitige Oberflächentemperatur nach den Festlegungen und Randbedingungen von DIN 4108 2.

4.2 Bedingungen für das Schimmelpilzwachstum

4.2.1 Feuchtebedingungen

Die entscheidende Voraussetzung für das Schimmelpilzwachstum ist eine ausreichende Feuchte. Je nach der Höhe der Feuchte kommt es zum Wachstum bestimmter, entsprechend angepasster Schimmelpilzarten. Unter idealen Wachstumsbedingungen im Labor können bestimmte Pilzarten ab etwa 70 % relative Luftfeuchte an der Substratoberfläche wachsen.

Für die Praxis kann vereinfachend von bauphysikalischen Modellbetrachtungen ausgegangen werden. Hiernach kann eine Schimmelpilzbildung auftreten, wenn an mindestens fünf aufeinander folgenden Tagen die relative Luftfeuchte auf der Bauteiloberfläche mindestens 12 h/d einen Wert von mehr als 80 % aufweist [3]. Bei höheren Luftfeuchten sind kürzere Zeiträume zu erwarten. Das Vorliegen von Wasser, wie z. B. Tauwasser, ist nicht erforderlich. Genauere Beurteilungen sind mit instationären Verfahren [3] möglich.

4.2.2 Nährstoffangebot

Bezüglich des Nährstoffangebots sind Schimmelpilze in der Regel sehr anspruchslos und es genügen häufig nutzungsübliche Verschmutzungen auf Bauteiloberflächen, damit ein Schimmelpilzwachstum möglich ist. Die Intensität und die Wahrscheinlichkeit des Schimmelpilzwachstums sind erheblich vom Nährstoff- und Mineralstoffangebot abhängig.

4.2.3 pH-Wert

Schimmelpilze bevorzugen ein leicht saures Milieu mit einem pH-Wert zwischen 4,5 bis 6,5. Einige Arten wachsen auch außerhalb dieses Bereichs. Aufgrund des pH-Werts kann es zu einer Selektion des Wachstums einer bestimmten Schimmelpilzart kommen.

4.2.4 Temperatur

Schimmelpilze wachsen in der Regel in einem Temperaturbereich von 10 °C bis 35 °C. Aufgrund der vorliegenden Temperatur kann es, wie auch bezüglich des Nährstoffangebots und des pH-Werts, zu einer Selektion der Schimmelpilzart kommen.

4.2.5 Oberflächenbeschaffenheit

Die Wahrscheinlichkeit der Schimmelpilzbildung auf Bauteil-Innenoberflächen bei häufig auftretenden hohen Innenraumfeuchten hängt auch von der Feuchteaufnahmefähigkeit und Kapillarität der raumseitigen Oberfläche ab. Saugfähige Oberflächen wirken aufgrund ihres Feuchteaufnahmevermögens puffernd, sind aber bei häufigem Feuchteanfall und behinderter Feuchteabgabe bzw. behindertem Feuchteweitertransport kritischer einzustufen als weniger saugfähige Oberflächen.

5 Baukonstruktion

5.1 Wärmeübergangswiderstand

Unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Beheizung und ausreichenden Belüftung der Räume sowie einer weitgehend ungehinderten Luftzirkulation an den raumseitigen Oberflächen der die Gebäudehülle bildenden Bauteile können zur Beurteilung der Gefahr von Schimmelpilzwachstum auf Oberflächen die Wärmeübergangswiderstände nach DIN 4108-2:2013-02, Abschnitt 6 angesetzt werden.

Der dort definierte Übergangswiderstand von $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ für Außenwände berücksichtigt bereits die Behinderung des Wärmeübergangs durch leichte Gardinen und in der Raumkante. Der für Fenster, Fenstertüren und Türen nach DIN EN ISO 13788 angegebene Wärmeübergangswiderstand von $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ setzt ungehinderte Luftzirkulation voraus.

Wird die Luftzirkulation oder der Strahlungsaustausch zwischen der raumseitigen Außenwandoberfläche und (wärmeren) Innenbauteile behindert, kommt es zu einem geringeren Wärmeübergang und damit zu einem größeren Wärmeübergangswiderstand R_{si} und einer niedrigeren Innenoberflächentemperatur. Ein solcher Fall tritt beispielsweise bei Gardinen oder einer Möblierung vor der Außenwand auf.

Der Einfluss von Schränken kann in einem äquivalenten Wärmeübergangswiderstand $R_{\text{si},\text{äq}}$ berücksichtigt werden. $R_{\text{si},\text{äq}}$ kann für thermische Berechnungen anstelle des üblichen Wärmeübergangswiderstands R_{si} nach DIN 4108-2 verwendet werden und beinhaltet bereits den Wärmedurchlasswiderstand des Schrankes. Für die Berechnung der raumseitigen Oberflächentemperatur können folgende äquivalente Wärmeübergangswiderstände verwendet werden:

— Bereiche hinter Einbauschränken: $R_{\text{si},\text{äq}} = 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

— Bereiche hinter freistehenden Schränken: $R_{\text{si},\text{äq}} = 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

BEISPIEL Für eine Außenwand mit Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 ($R = 1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) ergibt sich die innere Oberflächentemperatur, bei Ansatz der Klimabedingungen nach DIN 4108-2:2013-02, Abschnitt 6, hinter einem Einbauschränk zu $8,8 \text{ °C}$ ($R_{\text{si},\text{äq}} = 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) anstelle von $15,8 \text{ °C}$ ($R_{\text{si}} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). Siehe auch 6.5 dieses Dokuments.

5.2 Oberflächentemperatur der Regelbauteilflächen

Die wärmeschutztechnische Qualität eines Bauteils wird durch seinen Wärmedurchgangskoeffizienten beschrieben. Die Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile für die energetische Bewertung erfolgt nach DIN EN ISO 6946. Für die Berechnung der raumseitigen Oberflächentemperatur werden veränderte Wärmeübergangswiderstände (siehe 5.1) verwendet.

ANMERKUNG 1 Daraus würden sich von DIN EN ISO 6946 abweichende Wärmedurchgangskoeffizienten ergeben.

Die Oberflächentemperatur θ_{si} eines ebenen Bauteils mit homogenen Schichten errechnet sich nach Gleichung (1):

$$\theta_{\text{si}} = \theta_{\text{i}} - \frac{R_{\text{si}}}{R_{\text{si}} + \sum R + R_{\text{se}}} \cdot (\theta_{\text{i}} - \theta_{\text{e}}) \quad (1)$$

Dabei ist

θ_{i} die Innenlufttemperatur, in $^{\circ}\text{C}$;

θ_{e} die Außenlufttemperatur, in $^{\circ}\text{C}$;

R_{si} der innere Wärmeübergangswiderstand; für die Berechnung der Innenoberflächentemperatur zur Beurteilung der Schimmelbildung nicht nach DIN EN ISO 6946, sondern nach 5.1, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;

ΣR die Summe der Wärmedurchlasswiderstände der Baustoffschichten, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;

R_{se} der äußere Wärmeübergangswiderstand nach DIN EN ISO 6946, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Die Oberflächentemperatur θ_{si} von nicht ebenen Bauteilen und von Bauteilen mit inhomogenen Schichten wird nach DIN EN ISO 10211 bestimmt, wobei R_{si} nach 5.1 dieses Dokuments gewählt werden kann.

Zur Beschreibung der inneren Oberflächentemperatur ist in DIN EN ISO 10211 der Temperaturfaktor f_{Rsi} definiert nach Gleichung (2):

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad (2)$$

Zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum darf bei Ansatz der Klimarandbedingungen nach DIN 4108-2 eine Oberflächentemperatur von $12,6^\circ\text{C}$ nicht unterschritten werden. Ein Temperaturfaktor $f_{Rsi} \geq 0,70$ ist gleichbedeutend. Zur Beurteilung von Verglasungen und Rahmen wird auf 5.4 dieses Dokuments verwiesen.

Die erforderliche Mindest-Oberflächentemperatur unter stationären Verhältnissen zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum (für Einhaltung des 80 %-Kriteriums nach DIN 4108-2, d. h. für eine oberflächennahe Luftfeuchtigkeit von 80 %) ergibt sich für andere Klimarandbedingungen (siehe Bild 1 dieses Dokuments) mit Hilfe der Näherungsgleichung für den Sättigungsdampfdruck aus DIN 4108-3:2018-10, Gleichung C.17 zu

$$\theta_{si,min} = \frac{237,3 \cdot \ln\left(\frac{p_{sat,si}}{610,5}\right)}{17,269 - \ln\left(\frac{p_{sat,si}}{610,5}\right)} \quad (3)$$

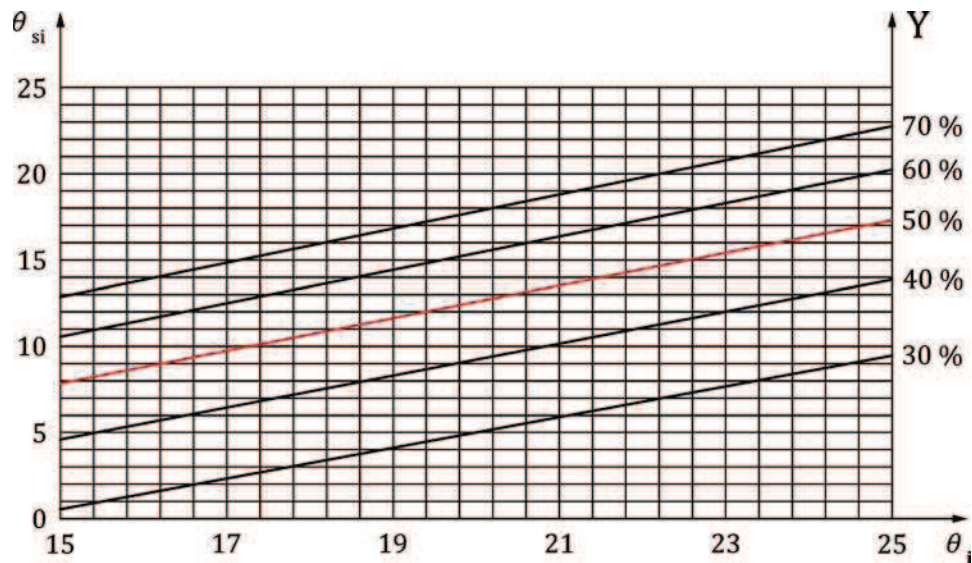
Dabei ist

$\theta_{si,min}$ der Mindestwert der raumseitigen Oberflächentemperatur, in $^\circ\text{C}$;

$p_{sat,si}$ der Sättigungsdampfdruck für den kritischen Mindestwert der raumseitigen Oberflächentemperatur, in Pa.

ANMERKUNG 2 Siehe Gleichung (G.3) für $p_{sat,si}$.

Der erforderliche Mindest-Temperaturfaktor ergibt sich nach Gleichung (2).



Legende

θ_{si} untere Grenzwerte für Innenoberflächentemperatur

Y Raumluftfeuchte

Bild 1 — Zusammenhang zwischen Innenlufttemperatur, Raumluftfeuchte und mindestens erforderlicher Innenoberflächentemperatur für eine oberflächennahe Luftfeuchte von 80 %

5.3 Oberflächentemperatur im Bereich von Wärmebrücken

Wärmebrücken lassen sich über Berechnungen oder mittels Nachschlagewerken erfassen, siehe z. B. DIN 4108 Beiblatt 2 oder [8], [9]. Zur allgemeinen Kennzeichnung dient der Temperaturfaktor f_{Rsi} nach Gleichung (2) für die Stelle mit der niedrigsten Innenoberflächentemperatur. Je höher der f_{Rsi} -Wert bei gleicher Temperaturdifferenz zwischen außen und innen ist, desto geringer ist die Gefahr des Schimmelpilzwachstums.

5.4 Oberflächentemperatur bei Fenstern, Fenstertüren und Türen

Fenster, Fenstertüren und Türen sind Bauteile mit besonderer Funktionalität (z. B. können sie geöffnet werden und über transparente Bereiche verfügen) und komplexer Geometrie aus verschiedenen Materialien. Aus diesem Grund sind sie gesondert zu betrachten und es wird in DIN 4108-2 bezüglich der Vermeidung von Schimmelpilzwachstum auf DIN EN ISO 13788 verwiesen.

Der Baukörperanschluss von Fenstern, Fenstertüren und Türen wird durch den Temperaturfaktor f_{Rsi} nach Gleichung (2) bewertet. Auch hier gilt die Anforderung an den Mindestwert zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum nach DIN 4108-2. Dabei sind bei der Ermittlung der Oberflächentemperaturen im Bereich der Laibung Wärmeübergangswiderstände von $0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ für die Wand und $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ für Fenster, Fenstertüren und Türen nach DIN EN ISO 13788 anzusetzen.

Für die Temperaturen der Oberflächen der Bauteile Fenster, Fenstertüren und Türen selbst werden normativ keine quantitativen Anforderungen gestellt. Die Entstehung von Tauwasser an den Oberflächen, insbesondere am unteren Glasrand, kann bei ungünstigen Randbedingungen nicht vermieden werden. Liegen die ungünstigen Randbedingungen nur zeitweise vor, entsteht in der Regel kein Schimmelpilzwachstum.

Zu ungünstigen Randbedingungen können führen:

- Behinderung der Luftzirkulation und der Strahlungsübertragung (z. B. tiefe Fensterlaibung, Vorhänge, Pflanzen);
- hohe Belastung durch Feuchtequellen (siehe Tabelle 1);
- unzureichende Lüftung (siehe 6.3);
- Temperaturabsenkung bei gleichbleibendem oder steigendem Luftfeuchtegehalt (Nachtabsenkung);
- Oberflächenverschmutzung durch unzureichende Reinigung.

Die Fuge zwischen Flügel- und Blendrahmen (Falz) kann zur Umsetzung funktioneller Erfordernisse nicht luftdicht sein. Strömen geringe Mengen Raumluft durch den Falz von innen nach außen und kühlen im Falz ab, so kann Tauwasser entstehen. In besonderem Maße gefährdet sind dabei Fenster in oberen Stockwerken von mehrgeschossigen Gebäuden mit offenen Treppenträumen, da es hier in der kalten Jahreszeit zu Überdruck in den Räumen und damit zu verstärkten Abluftströmungen über die Fensterfalze kommen kann. Zum Druckausgleich können Lüftungsmaßnahmen helfen (siehe 6.3). Zusätzliche Dichtungen an raumseitigen Überschlügen der Fensterflügel können diese Effekte im Falz reduzieren, jedoch nicht gänzlich verhindern. Eine regelmäßige Reinigung der Oberflächen im Falz, um Feuchtigkeit und Verschmutzung zu entfernen, hilft, Schimmelpilzwachstum zu vermeiden.

6 Nutzereinfluss auf das Schimmelpilzwachstum

6.1 Allgemeines

Die Bewohner können durch ihr Nutzungsverhalten zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum beitragen. Wesentlich sind dabei

- Feuchtefreisetzung;
- Lüftungsverhalten (Fenster öffnen);
- Heizverhalten (Raumlufthtemperatur);
- Positionierung der Möbel/Anbringen von Wandbekleidungen.

6.2 Feuchtefreisetzung

In bewohnten Räumen wird der Luft ständig Feuchte zugeführt. Tabelle 1 zeigt typische nutzungsbedingte Feuchtequellen. Grundlagen für die Berechnung sind z. B. Anhang H zu entnehmen. Weitere Feuchtequellen können vor allem Baufeuchte, Feuchtreinigung (z. B. des Fußbodens) oder Zimmerspringbrunnen sein.

Bei üblichem Wohnverhalten können in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße und der Nutzung täglich durchschnittlich etwa 2 l bis 9 l Feuchte freigesetzt werden. Bild 2 zeigt in Beispielszenarien Richtwerte für die mittlere tägliche Feuchteabgabe in Wohnungen. Durch die für die Vermeidung von Schimmelpilzwachstum relevante Angabe von Mittelwerten (siehe 4.2) ergibt sich beispielsweise beim Wäschetrocknen im 1-Personen-Haushalt die Angabe von 0,25 Waschmaschinen je Tag. Das heißt, die Benutzung der Waschmaschine wird einmal innerhalb von 4 Tagen unterstellt. An dem Tag, an dem die Waschmaschine tatsächlich benutzt wird, ist die Feuchteabgabe entsprechend höher als die in Bild 2 angegebenen Mittelwerte.

Die beiden Szenarien für den 1-Personen-Haushalt (abwesende Person ↔ ganztägig anwesende Person) verdeutlichen, dass je nach Wohnsituation große Unterschiede hinsichtlich der Feuchteabgabe möglich sind.

Offensichtlich wird auch der große Einfluss des Wäschetrocknens auf die Feuchteabgabe in Wohnungen. Je Kilogramm trockener Wäsche ist selbst bei geschleudeter Wäsche mit dem Anfall von 500 g Wasserdampf zu rechnen. Für eine übliche Waschmaschine mit einer 5-kg-Trommel fallen also beim Trocknen etwa 2,5 kg Wasserdampf an. Nach Möglichkeit sollten zum Wäschetrocknen separate Trockenräume oder Wäschetrockner genutzt werden. Ist nur das freie Wäschetrocknen in der Wohnung möglich, ist in diesem Raum durch verstärktes Lüften und Heizen für eine Reduzierung der Luftfeuchte zu sorgen (siehe 6.3.3.6).

Tabelle 1 — Typische nutzungsbedingte Feuchtequellen in Wohnungen

Feuchtequelle		Feuchteabgabe	
Mensch	überwiegend nicht aktiv oder leichte Aktivität, je Person	50 g/h	1 200 g/d ^a
Pflanzen	repräsentativer Mittelwert für verschiedene Zimmerpflanzen, je Stück, Mix von verschiedenen Zimmerpflanzen	2 g/h ^b	50 g/d ^b
Küche	Kochvorgänge	700 g/h bis 1 000 g/h	
	Geschirrspüler (Geschirr abgekühlt)	100 g/Spülvorgang	
	Spülen unter fließendem Wasser (50 °C)	300 g/h	
	Spülen im Spülbecken (50 °C)	140 g/h	
Bad	Wannenbad	etwa 700 g/h	etwa 300 g/Bad ^c
	Duschen	etwa 2 600 g/h	etwa 300 g/Dusche ^d
	Abtrocknen	etwa 70 g/Vorgang	
Wäschetrocknen ^e	5 kg geschleudert	2 500 g/Waschmaschine	
Haustiere	Aquarium (90 % abgedeckt, 26 °C)	6 g/(h·m ²) ^f	150 g/(d·m ²) ^f
	Katze	10 g/h	250 g/d ^a
	Hund (mittelgroß, 20 kg)	40 g/h	950 g/d ^a

^a Anwesenheit 24 h/d.

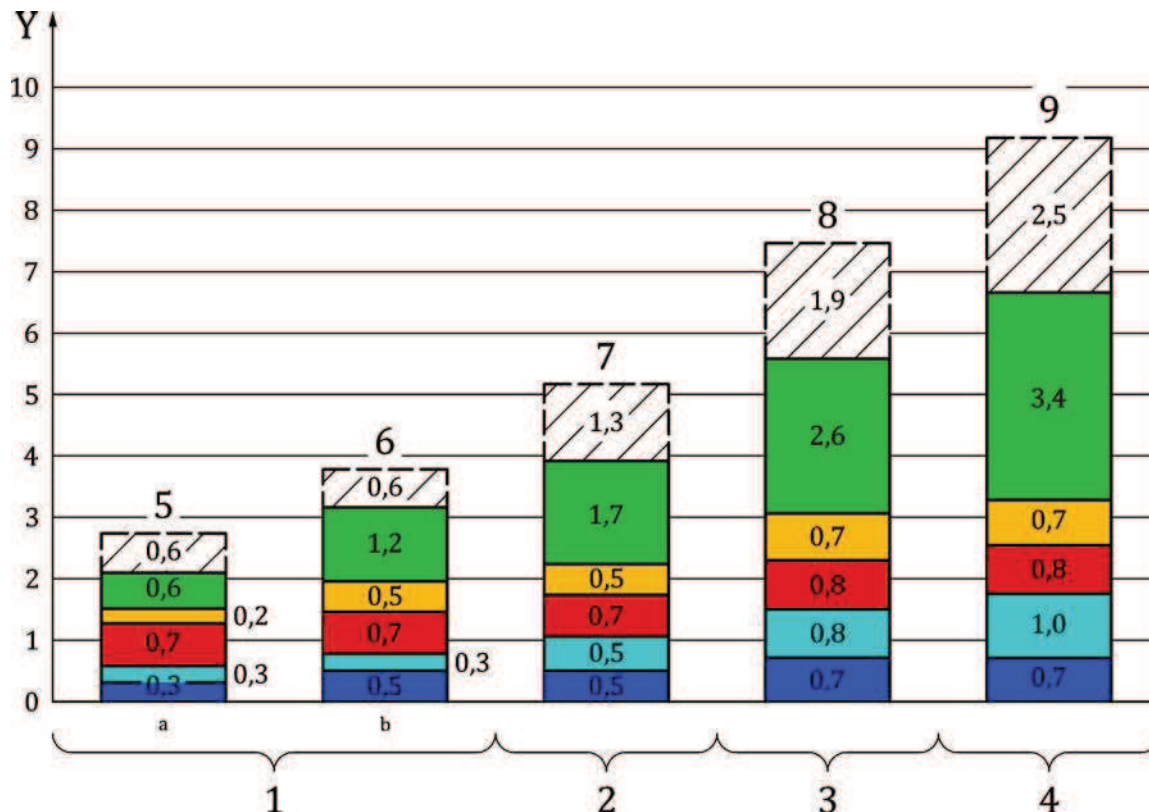
^b Es handelt sich um repräsentative Mittelwerte für verschiedene typische Zimmerpflanzen. Messungen haben eine Feuchtefreisetzung im Bereich von 0,6 g/h bis 4,4 g/h je Zimmerpflanze ergeben. Die Feuchtefreisetzung von Zimmerpflanzen korrespondiert in sehr guter Näherung mit der Gießwassermenge.

^c 20 min Wannenbad und Abtrocknen.

^d 5 min Dusche und Abtrocknen.

^e Trocknen der Wäsche im Raum.

^f Bezogen auf die Grundfläche des Aquariums.



Legende

- ▨ (freies) Wäschetrocknen
- Personen
- Pflanzen
- Küche (Koch- und Spülvorgänge)
- Bad (Körperreinigung)
- Sonstiges

a berufstätig

b anwesend

1 1-Personen-Haushalt

2 2-Personen-Haushalt

3 3-Personen-Haushalt

4 4-Personen-Haushalt

5 Summe Wohnung: ohne Wäsche: 2,1 kg/d mit Wäsche: 2,7 kg/d

6 Summe Wohnung: ohne Wäsche: 3,2 kg/d mit Wäsche: 3,8 kg/d

7 Summe Wohnung: ohne Wäsche: 3,9 kg/d mit Wäsche: 5,2 kg/d

8 Summe Wohnung: ohne Wäsche: 5,6 kg/d mit Wäsche: 7,5 kg/d

9 Summe Wohnung: ohne Wäsche: 6,6 kg/d mit Wäsche: 9,1 kg/d

Randbedingungen für alle Szenarien: 1 Kochgericht, Spülen, Sonstiges

1-Pers.-Haushalt abwesend 1 Pers. 12 h/d; 5 Pflanzen; 1 Bad, 0,25 Waschmaschinen/d (WM/d)

1-Pers.-Haushalt ganztätig anwesend 1 Pers. 24 h/d; 10 Pflanzen; 1 Bad, 0,25 WM/d

2-Pers.-Haushalt: 2 Pers. je 17 h/d; 10 Pflanzen; 1 Bad; 1 Dusche, 0,5 WM/d

3-Pers.-Haushalt: 3 Pers. je 17 h/d; 15 Pflanzen; 2 Bäder, 1 Dusche, 0,75 WM/d, Geschirrspüler

4-Pers.-Haushalt: 4 Pers. je 17 h/d; 15 Pflanzen; 2 Bäder; 2 Duschen, 1 WM/d, Geschirrspüler

Bild 2 — Beispielszenarien für die tägliche Feuchteabgabe bei üblichem Wohnverhalten

Die Raumluftfeuchte hängt wesentlich von der Zahl der Bewohner, der Wohnungsgröße und der Wohnungsnutzung ab. Nutzungsbedingungen, wie hohe Belegungsdichte, freies Wäschetrocknen, viele Pflanzen, viele

Haustiere usw. führen zu einer hohen Raumluftfeuchte. Die anfallende nutzungsbedingte Feuchte muss durch Lüftung abgeführt werden.

ANMERKUNG Im Vergleich zur Lüftung ist ein Feuchtetransport durch die Außenwände infolge Diffusion völlig vernachlässigbar und trägt zur Feuchteabfuhr praktisch nicht bei (siehe auch 4.2).

6.3 Lüftungsverhalten (manuelles Fensteröffnen)

6.3.1 Einflussgrößen

Das Lüftungsverhalten hängt von einer Vielzahl unterschiedlicher Einflussgrößen ab (siehe Bild 3). Die Vielzahl der Einflussgrößen führt zu vielfältigen individuellen Verhaltensmustern. Die Erfassung und Bewertung des Lüftungsverhaltens erweist sich aufgrund von nutzungsbedingten Unwägbarkeiten und Überlagerungseffekten (laut [1] wirken auch sozioökonomische Einflüsse wie Lebensalter der Bewohner, Belegungsdichte der Wohnungen oder die Eigentumsverhältnisse) als ausgesprochen schwierig.

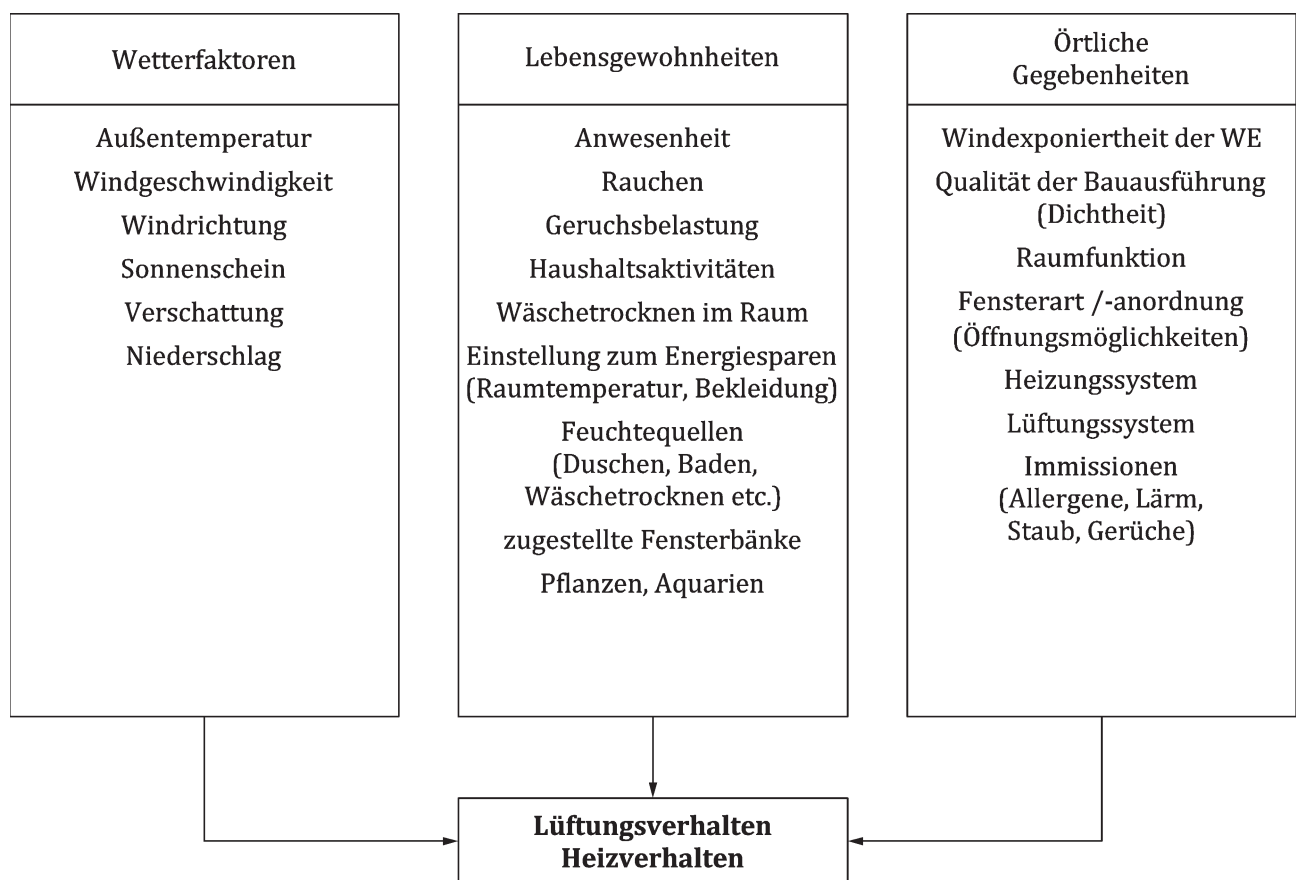


Bild 3 — Einflussgrößen auf das Lüftungs-/Heizverhalten

Das Lüftungsverhalten beeinflusst maßgeblich

- das Schimmelpilzwachstumsrisiko;
- die Raumluftqualität; und
- den Heizwärmeverbrauch.

Um ein unter Beachtung dieser Kriterien weitgehend sinnvolles und den jeweiligen Verhältnissen angepasstes Lüftungsverhalten zu erreichen, ist die Information der Nutzer von hoher Bedeutung. Dies gilt insbesondere

bei einem Wechsel des Lüftungskonzeptes (z. B. von freier auf ventilatorgestützte Lüftung, siehe Abschnitt 8). Hilfreich kann die über einen längeren Zeitraum durchgeführte Messung der relativen Feuchte im Raum mit einem handelsüblichen Hygrometer sein. Allerdings lassen sich hieraus keine allgemeingültigen Grenzwerte für die relative Raumluftfeuchte angeben, da zum einen die Differenzen der Luftfeuchte zwischen Raum und Wandoberflächen in starkem Maße vom Wärmeschutz (insbesondere im Bereich von Wärmebrücken) abhängt (bei höheren Innenoberflächentemperaturen der Umfassungsflächen können auch höhere relative Luftfeuchten im Raum hingenommen werden) und zum anderen die Messgenauigkeit der handelsüblichen Hygrometer sehr unterschiedlich ausfällt.

6.3.2 Erforderlicher Außenluftvolumenstrom bei kontinuierlicher Lüftung

Anforderungen an die Lüftung zum Feuchteschutz (orientiert an der Vermeidung von Schimmelpilzwachstum) sind komplex und nicht ohne weitere Informationen zu den Lüftungsmöglichkeiten, dem Speicherverhalten der Bauteile, der konkreten Feuchtefreisetzung, dem vorhandenen Wärmeschutz, dem zur Verfügung stehenden Luftvolumen und dem Wirken von Infiltrationen und hierfür wirkenden Antriebskräften zu definieren. DIN 1946-6:2019-12 enthält z. B. in Abhängigkeit vom Wärmeschutz, von der Wohnungsgröße und von der Belegungsdichte (siehe Bild 4) ein vereinfachtes Verfahren unter Zugrundelegung einer kontinuierlichen Lüftung.

Eine Umrechnung des Außenluftvolumenstroms in einen Luftwechsel kann nach Bild 5 erfolgen. Es gilt die Gleichung (4):

$$n = \frac{q_v}{V} = \frac{q_v}{A \cdot h} \quad (4)$$

Dabei ist

- n der Luftwechsel, in h^{-1} ;
- q_v der (Außen-)Luftvolumenstrom, in m^3/h ;
- V das Raumluftvolumen, in m^3 ;
- A die Netto-Raumfläche, in m^2 (siehe auch Bild 4 und Bild 5);
- h die mittlere Raumhöhe, in m.

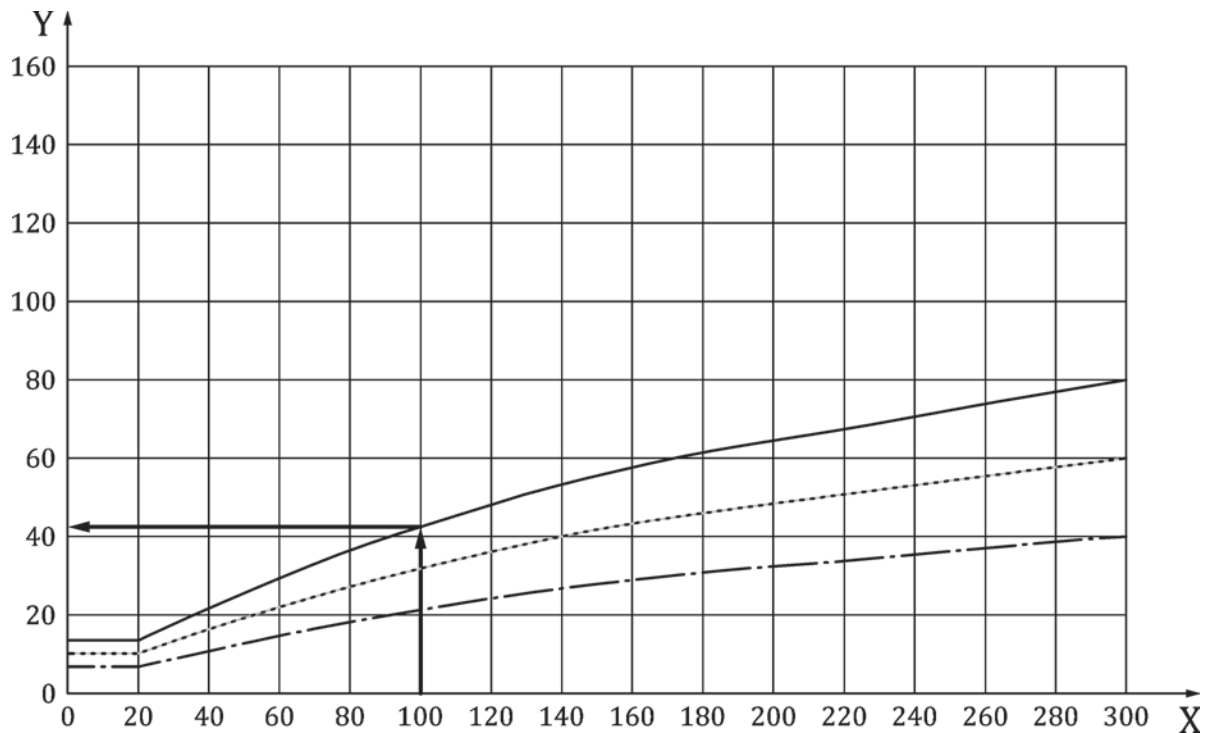
BEISPIEL Für die in DIN 1946-6:2019-12 beispielhaft angenommenen Randbedingungen (hinsichtlich des baulichen Wärmeschutzes, Feuchtefreisetzung, Belegungsdichte, Infiltrationsluftwechsel, Nutzerverhalten usw.) kann bei üblichem Nutzungsverhalten in der Heizperiode für den zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum erforderlichen, kontinuierlichen Außenluftvolumenstrom nach Bild 4 beispielhaft für eine Wohnung in Bestand mit einer Netto-Raumfläche von 100 m^2 und einer hohen Belegungsdichte ($< 40 \text{ m}^2/\text{Person}$) ein Wert von $42 \text{ m}^3/\text{h}$ abgelesen werden. Dies entspricht nach Bild 5 einem kontinuierlichen Luftwechsel von $0,2 \text{ h}^{-1}$ für die gewählten Randbedingungen des Beispiels.

Unter einem kontinuierlichen Luftvolumenstrom bzw. Luftwechsel wird in diesem Zusammenhang ein über den Tagesverlauf möglichst gleichmäßiger Luftvolumenstrom bzw. Luftwechsel verstanden, der allerdings aufgrund wetterbedingt unterschiedlicher Druckverhältnisse an der Gebäudehülle variieren kann.

Bei diskontinuierlicher Lüftung (z. B. Stoßlüftung) können je nach Lüftungsart und Speicherverhalten der umgebenden Materialien sowohl höhere als auch niedrigere Luftwechsel erforderlich sein. [10]

Anhang D gibt einen Überblick über die in diesem Dokument beschriebenen Verfahren für mögliche Nachweise der Lüftung zum Feuchteschutz. Anhang E enthält Beispielberechnungen (grafisches Verfahren) zur Lüftung zum Feuchteschutz auf der Grundlage der in DIN 1946-6:2019-12 angegebenen Randbedingungen. Anhang F enthält Beispielberechnungen mit dem Rechnerischen Verfahren nach DIN 1946-6 und DIN 18017-3. Anhang G beschreibt ein Verfahren zur Berechnung von Luftvolumenströmen durch offene Fenster. Anhang H ermöglicht eine Bestimmung des notwendigen Luftvolumenstromes zur

Vermeidung von Schimmelpilzbildung auf der Basis von raumweise ermittelten Feuchtelasten, wenn die Standardwerte nach Abschnitt 6 nicht angewendet werden.



Legende

..... Feuchteschutzlüftung bei geringem Wärmeschutz (bis 1995 errichtet, un- oder teilsaniert und mit geringer Belegung ($\geq 40 \text{ m}^2/\text{Person}$))

—— Feuchteschutzlüftung bei geringem Wärmeschutz (bis 1995 errichtet, un- oder teilsaniert und mit hoher Belegung ($< 40 \text{ m}^2/\text{Person}$))

X Netto-Raumfläche, in m^2

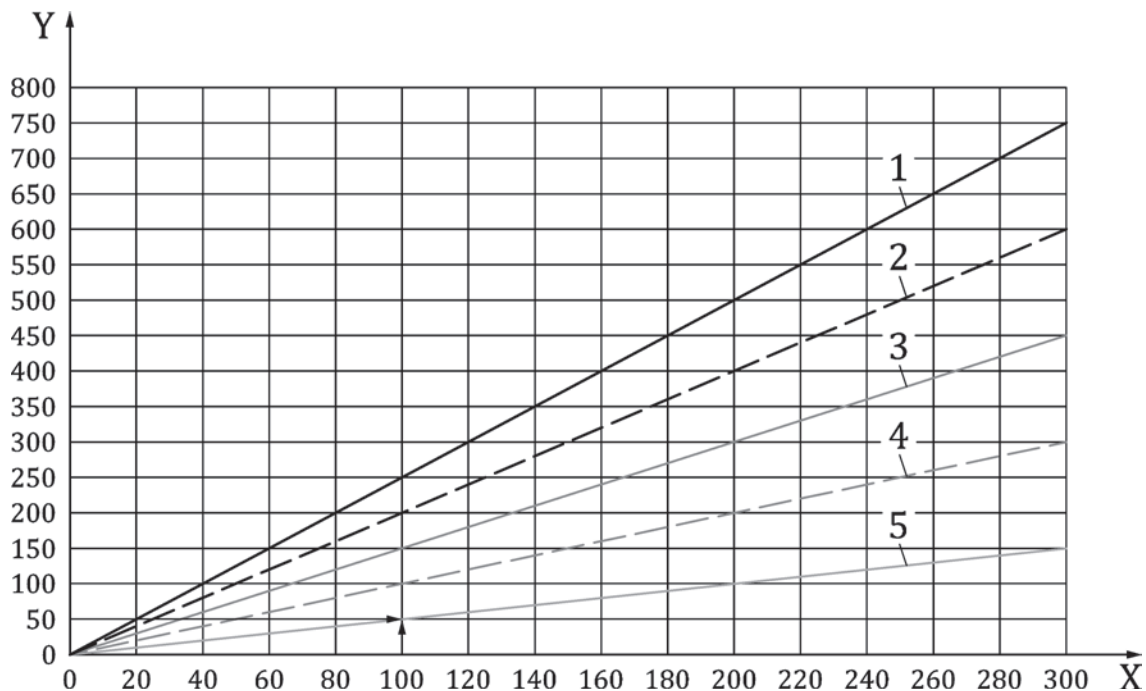
Y Außenluftvolumenstrom Wohnung, in m^3/h

—— Feuchteschutzlüftung bei hohem Wärmeschutz (seit 1995 errichtet oder mit entsprechendem Wärmeschutz komplett saniert und mit hoher Belegung ($< 40 \text{ m}^2/\text{Person}$))

--- Feuchteschutzlüftung bei hohem Wärmeschutz (seit 1995 errichtet oder mit entsprechendem Wärmeschutz komplett saniert und mit geringer Belegung ($\geq 40 \text{ m}^2/\text{Person}$))

ANMERKUNG Die Linien „.....“ und „---“ fallen im Diagramm zusammen.

Bild 4 — Beispiel: Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6:2019-12



Legende

X	Netto-Raumfläche, in m ²	3	Luftwechsel 0,6/h
Y	Luftvolumenstrom, in m ³ /h	4	Luftwechsel 0,4/h
1	Luftwechsel 1,0/h	5	Luftwechsel 0,2/h
2	Luftwechsel 0,8/h		

Bild 5 — Beispiel: Resultierender Luftwechsel in Abhängigkeit von Netto-Raumfläche und Luftvolumenstrom Lüftung (mittlere Raumhöhe 2,50 m)

6.3.3 Empfehlungen für das Lüften

6.3.3.1 Allgemeines

Als Grundregel gilt, dass Feuchte und Schadstoffe möglichst am Entstehungsort und weitestgehend während oder unmittelbar nach ihrer Entstehung durch Lüften entfernt werden sollten. Günstig sind Einrichtungen zur kontinuierlichen Lüftung (Außenluftdurchlässe, Lüftungsanlagen). Gekippte Fenster eignen sich wegen des großen Energieverlusts nicht zur kontinuierlichen Lüftung (Ausnahme: Schlafzimmer nachts; siehe 6.3.3.2). In Gebäuden ohne Einrichtungen zur kontinuierlichen Lüftung wird statt einer Dauerlüftung über gekippte Fenster die Stoßlüftung nach Bedarf empfohlen; ständig gekippte Fenster in den Heizmonaten sind zu vermeiden. Grundsätzlich können folgende Empfehlungen für das Lüftungsverhalten gegeben werden:

Räume sollten abhängig von ihrer Funktion und Nutzung gelüftet werden. Beim Fensterlüften ist es erforderlich, sich an der Luftfeuchte und Geruchsbelastung des zu lüftenden Raumes zu orientieren.

Beim Stoßlüften ist es günstig, auch die Innentüren offen zu halten. Der Luftwechsel wird dann wesentlich größer, vor allem, wenn Fenster an gegenüberliegenden Fassaden geöffnet sind (Stoßlüftung mit gleichzeitiger Querlüftung, siehe auch Anhang G). Spätestens beim Öffnen des Fensters kann über die Regelung der Heizeinrichtung (z. B. Thermostatventile) die Wärmezufuhr zum Raum unterbrochen und nach dem Schließen der Fenster wieder geöffnet werden.

Beim Abbau der „Feuchtespitzen“ in Bad oder Küche durch Lüften ist zu empfehlen, die Bad- bzw. Küchentür zu schließen, um einen Feuchteeintrag in die anderen Räume zu unterbinden oder zumindest zu verringern.

Öffnungen, die dem sicheren Betrieb von Feuerstätten dienen (so genannter Verbrennungsluftverbund), sind generell nicht zu verschließen.

Eine Ausnahme stellt der Schlafraum dar (siehe 6.3.3.2). Aus praktischen Gesichtspunkten können Fenster über Nacht bei milden Außenlufttemperaturen gekippt bleiben und sind tagsüber zu schließen.

6.3.3.2 Wohnräume

Die folgenden Empfehlungen zur Lüftung von Räumen in Wohnungen sind beispielsweise dazu geeignet, Mietern oder Eigentümern von Gebäuden grundlegende Hinweise für ein angemessenes Lüftungsverhalten zu vermitteln. Diese Hinweise können beispielsweise in Anlagen von Mietverträgen/Kaufverträgen verwendet werden.

Wohnzimmer: Im Wohnzimmer ist regelmäßiges Lüften erforderlich, um die Feuchtigkeit zu entfernen. Befinden sich im Wohnzimmer sehr viele Pflanzen oder andere Feuchtequellen (z. B. zum Trocknen aufgehängte Wäsche, Zimmerspringbrunnen), sollte besonderer Wert auf regelmäßiges Lüften gelegt werden. Spätestens wenn die Luftqualität als schlecht empfunden wird, sollte eine Stoßlüftung erfolgen.

Küche/Bad: In diesen Räumen kann in kurzer Zeit sehr viel Feuchte anfallen (Kochen, Duschen, Baden). Diese „Feuchtespitzen“ sollten unmittelbar durch intensive Fensterlüftung abgebaut werden. Zur Unterstützung kann im Bad, insbesondere bei eingeschränkter Lüftungsmöglichkeit, nach dem Duschen das Wasser von Wänden und Boden entfernt werden. Textile Vorhänge im Bad erhöhen durch die Feuchtespeicherung das Schimmelpilzwachstumsrisiko.

Für fensterlose Räume siehe „Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen“, Forschungsbericht in [13] und DIN 18017-3.

Schlafräume, nachts: Hinsichtlich der prinzipiellen Vermeidung gekippter Fenster während der Heizperiode stellt der Schlafraum eine Ausnahme dar. Aus praktischen Gesichtspunkten können Fenster über Nacht gekippt bleiben; diese nächtliche Grundlüftung ist tagsüber mit einer geeigneten Stoßlüftung zu kombinieren; Außerhalb der Stoßlüftung sind die Fenster tagsüber zu schließen. Durch die nächtliche Kipp Lüftung kann eine örtliche Auskühlung im Bereich der Fensterlaibung im Winterfall auftreten. Dem Effekt der abgesenkten Oberflächentemperatur steht dabei jedoch die gleichzeitig zu verzeichnende Austrocknung des Bauwerkes entgegen. Die für Schimmelpilzwachstum erforderliche lange Zeitdauer des kritischen Feuchtezustandes schränkt die Wahrscheinlichkeit von Schimmelpilzwachstum durch lokale Auskühlung im Fensterbereich weiter ein. Unterbleibt jedoch die zusätzliche Stoßlüftung tagsüber, kann — abhängig vom Innenraumklima und der Beheizung des Schlafzimmers — in den ausgekühlten Fensterlaibungen Schimmelpilzwachstum auftreten. Bei ausschließlicher Fensterlüftung stellt die nächtliche Dauerkippstellung oder eine Spaltlüftung in den Schlafräumen die aus Sicht der Vermeidung von Schimmelpilzwachstum günstigste Lüftungsvariante zur feuchtetechnischen Entlastung der Bauteile der Gebäudehülle dar. Vermeidbare energetische Nachteile entstehen durch dieses Verhalten nur, wenn das Fenster außerhalb der Schlafenszeit geöffnet bleibt.

Schlafräume, tagsüber: Nach dem Aufstehen sollte, auch bei nachts offenen oder gekippten Fenstern, eine oder mehrere intensive Stoßlüftung(en) mit weit geöffnetem Fenster erfolgen. Anschließend sollten im Winter die Fenster geschlossen werden und der Schlafraum tagsüber beheizt werden, um das Austrocknen der Feuchte zu ermöglichen, die während der Nacht in Stoffen, Matratzen, Teppich, der Einrichtung und den obersten Bauteilschichten aufgenommen wurde. Die Feuchteabfuhr und die Schimmelvermeidung kann mit einem erhöhten Energieaufwand verbunden sein. Wenn möglich, sollte auch im Laufe des Tages mehrmals stoßgelüftet werden. Im Lauf des Nachmittags oder des frühen Abends (je nach Dämmstandard des Gebäudes) kann die Raumtemperatur auf das gewünschte Maß eingestellt werden.

6.3.3.3 Kellerräume

Kellerräume ohne Beheizung: In Kellerräumen weisen die Außenwände oftmals nur niedrige Oberflächentemperaturen zur Raumseite hin auf. In solchen Räumen kann es im Sommer und vor allen in den Übergangszeiten, wenn warme Luft in den Keller gelangt, zu einem Niederschlag von Luftfeuchtigkeit an der

kalten Kellerwand und zu Schimmelpilzwachstum kommen. Zu diesen Jahreszeiten kann es angebracht sein, an Tagen mit hohem absolutem Feuchtegehalt der Außenluft gänzlich auf das Lüften zu verzichten. Insbesondere bei Altbauten kann eine Abdichtung des Kellers fehlen und es zu einer Durchfeuchtung kommen. Im Winter ist in Kellerräumen eine gegenüber dem Sommer verstärkte Lüftung (mit der dann trockeneren Außenluft) sinnvoll. Ein „Trockenlüften“ feuchter Keller ist häufig nicht möglich.

Kellerräume mit Wohnnutzung: Hinsichtlich der Vermeidung von Schimmelpilzwachstum sollten Kellerräume, die zur dauerhaften Wohnnutzung vorgesehen sind, wärmegedämmt und beheizbar sein, vor Durchfeuchtung von außen geschützt und über mindestens eine Fensterlüftungsmöglichkeit verfügen. (Genaueres regeln die Landesbauordnungen).

6.3.3.4 Baufeuchte

Baufeuchte kann sowohl im Neubau als auch nach Instandsetzungen/Modernisierungen auftreten. Entscheidend ist, wie viel Feuchte beispielsweise bei Putz- und Estricharbeiten in das Gebäude gelangt ist. Durch die Bauweise bedingt fällt in massiv errichteten Gebäuden mehr Baufeuchte an als in Leichtbauhäusern.

Die Baufeuchte muss durch verstärktes Lüften und Heizen aller Räume aus dem Gebäude entfernt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies im Neubau (Massivbauweise) nach etwa 2 Jahren erreicht ist.

Für diesen Zeitraum ist auch mit höherem Heizenergieverbrauch zu rechnen.

6.3.3.5 Lüftungs-/Heizverhalten nach Instandsetzungen/Modernisierungen

Nach einer Instandsetzung/Modernisierung kann eine kritische Feuchtesituation in der Wohnung entstehen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Dichtheit des Gebäudes erhöht (z. B. durch Fenstererneuerung) und nicht gleichzeitig der Wärmeschutz verbessert wird (z. B. Außenwand ungedämmt mit niedriger Wandtemperatur zur Raumseite im Winterfall) bzw. entsprechende Lüftungstechnische Maßnahmen nicht getroffen werden.

In dieser Situation ist das Lüftungs- und Heizverhalten den neuen Bedingungen anzupassen, d. h. es ist häufiger bzw. länger als gewohnt zu lüften und gegebenenfalls mehr zu heizen.

Der Nutzer der Wohnung muss über die Folgen von Instandsetzungs-/Modernisierungsmaßnahmen für das Lüftungs- und Heizverhalten informiert werden (z. B. Mieter durch Vermieter).

6.3.3.6 Vermeidung von freiem Wäschetrocknen in der Wohnung

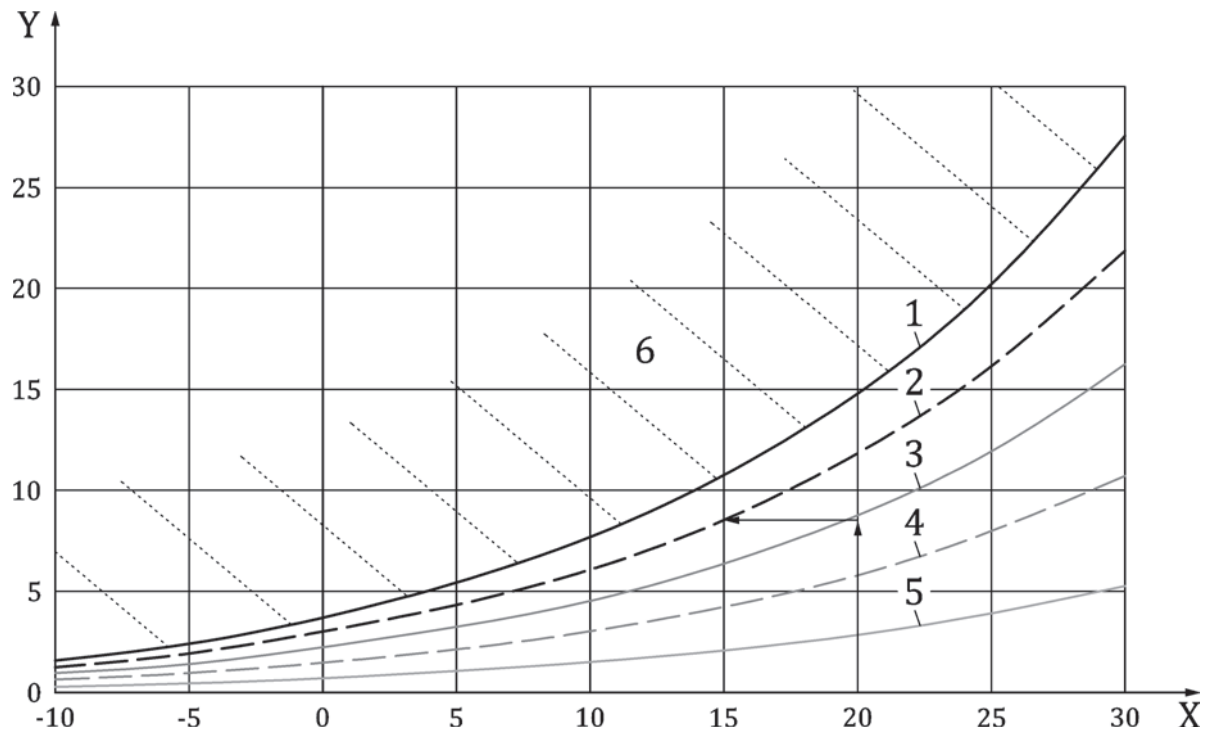
Grundsätzlich gilt: Durch das freie Trocknen von Wäsche auf Wäscheständern in der Wohnung wird zusätzlich Feuchte freigesetzt. Wenn Wäscheplätze oder Trockenräume vorhanden sind, sollten diese auch genutzt werden. Muss ausnahmsweise Wäsche in der Wohnung auf Wäscheständern getrocknet werden, sollte unbedingt zusätzlich gelüftet werden. Günstig ist es, während des Wäschetrocknens ein Fenster zu kippen und die Zimmertür geschlossen zu halten; die Heizung dabei nicht abschalten oder drosseln.

Bei Abluft-Wäschetrocknern ist der Abluftschlauch ins Freie zu führen, da sonst die feuchte Abluft im Raum bleibt.

6.4 Heizverhalten (Raumlufttemperatur)

6.4.1 Einflussgrößen

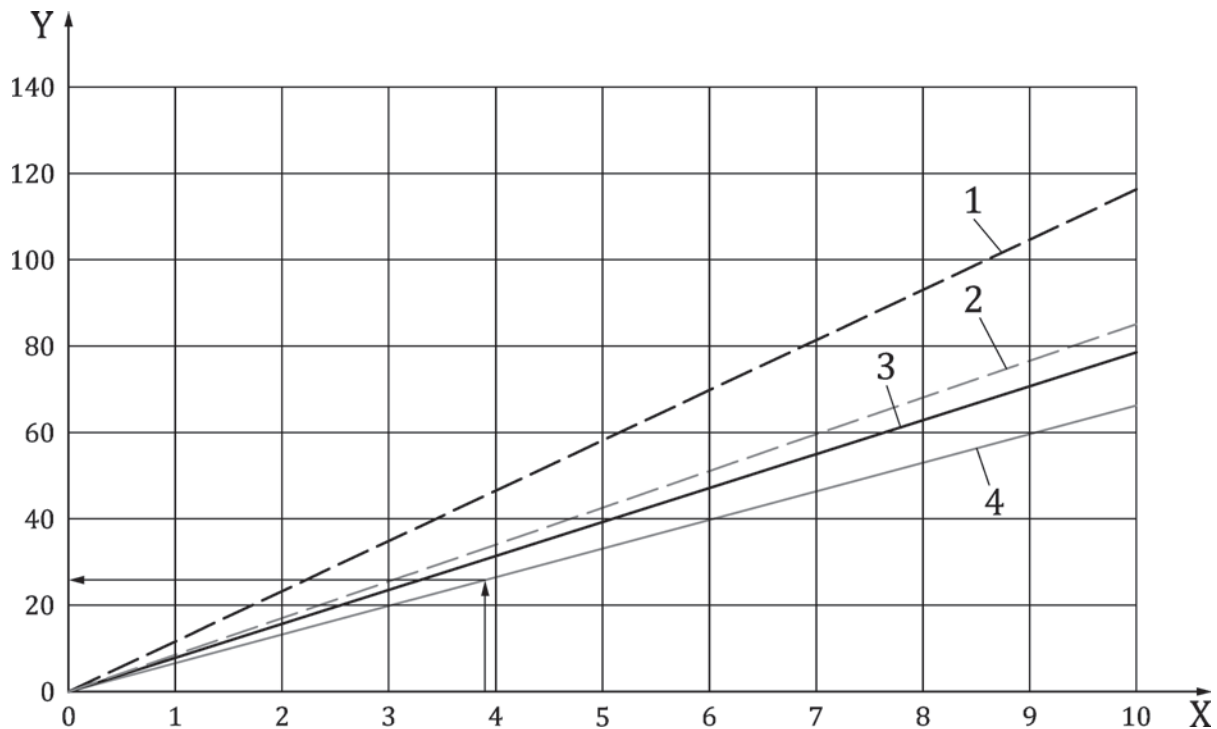
Die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft hängt von der Lufttemperatur ab (siehe Bild 6). Wird die Raumlufttemperatur bei gleichbleibendem Wassergehalt erhöht, sinkt die relative Luftfeuchte. Wird sie dagegen verringert, steigt die relative Luftfeuchte und das Risiko des Schimmelpilzwachstums mit vermehrter Sporenbildung wird erhöht (siehe Bild 6): Absenkung der Lufttemperatur von 20 °C auf 15 °C bewirkt eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte von 60 % auf 80 % bei konstantem Feuchtegehalt.



Legende

X	Lufttemperatur, in °C	3	relative Luftfeuchte 60 %
Y	Luftfeuchtegehalt, in g/kg	4	relative Luftfeuchte 40 %
1	relative Luftfeuchte 100 %	5	relative Luftfeuchte 20 %
2	relative Luftfeuchte 80 %	6	Taupunktunterschreitung

Bild 6 — Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Luftfeuchtegehalt bzw. relativer Luftfeuchte (für Gesamtdruck $p = 0,1$ MPa)



Legende

- X Feuchtelast, in kg/d
 Y Luftvolumenstrom, in m³/h
 1 $t(i) = 16\text{ °C}; t(a) = 5\text{ °C}$
 2 $t(i) = 16\text{ °C}; t(a) = -5\text{ °C}$
 3 $t(i) = 20\text{ °C}; t(a) = 5\text{ °C}$
 4 $t(i) = 20\text{ °C}; t(a) = -5\text{ °C}$

Bild 7 — Zusammenhang zwischen Feuchtelast, Raum- und Außenlufttemperatur sowie Luftvolumenstrom bei kontinuierlicher Lüftung (Ziel: Einhaltung von $\varphi_{si} \leq 80\%$ bei $\varphi_a = 80\%$ und $f_{Rsi} = 0,70$ nach DIN 4108-2, für Gesamtdruck $p = 0,1\text{ MPa}$)

Bild 7 kann im Zusammenhang mit Tabelle 1 und Bild 2 und Bild 5 genutzt werden, um in Abhängigkeit von der Wohnungsnutzung und der damit verbundenen Feuchtefreisetzung Rückschlüsse auf den zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum erforderlichen mittleren Luftvolumenstrom zu ziehen. Bild 5 erlaubt zusätzlich die Umrechnung des Volumenstroms in einen Luftwechsel. Bei abweichenden Randbedingungen kann das Berechnungsverfahren aus Anhang H genutzt werden.

BEISPIEL 2-Personen-Haushalt, kein freies Wäschetrocknen in der Wohnung;
 aus Tabelle 1 bzw. Bild 2: mittlere tägliche Feuchteabgabe 3,9 kg/d;
 mittlere Innentemperatur 20 °C, mittlere Außentemperatur -5 °C;
 aus Bild 7: kontinuierlicher Luftvolumenstrom etwa 25 m³/h;
 Netto-Raumfläche 60 m²;
 aus Bild 5: kontinuierlicher Luftwechsel etwa 0,2 h⁻¹.

6.4.2 Empfehlungen für das Heizen

Um ein weitgehend den jeweiligen Verhältnissen angepasstes Heizverhalten zu erreichen, ist die Information der Nutzer (insbesondere bei Mieterwechsel) von hoher Bedeutung.

Grundsätzlich können folgende Empfehlungen für das Heizverhalten gegeben werden:

- **Keine Beheizung über Raumlufthverbund:** Als Grundregel gilt, dass kühlere Räume nicht mit der Luft aus wärmeren Räumen temperiert werden sollten, die Innentüren sind geschlossen zu halten. Sonst wird neben der Wärme auch Feuchte in den kühleren Raum transportiert, wodurch das Schimmelpilzwachstumsrisiko steigt. Alle Räume sollen ausreichend beheizt werden.
- **Schlafräume:** Die durchschnittliche Raumlufthtemperatur sollte wegen der Feuchteabgabe der schlafenden Personen nicht unter 16 °C sinken. Bei schlechtem Wärmeschutz sind unter Umständen sogar noch höhere Raumlufthtemperaturen zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum erforderlich. Eine Ausnahme ist lediglich zulässig, wenn die Fenster die ganze Nacht geöffnet bleiben.
- **Nebenräume:** Auch über längere Zeiträume sollten wenig/ungenutzte Nebenräume beheizt werden (Grundbeheizung), um ein zu starkes Absinken der Raumtemperatur zu vermeiden. Die zulässige Absenkung der Raumtemperatur hängt vom Wärmeschutz ab; bei schlechtem Wärmeschutz muss gegebenenfalls mehr geheizt werden.
- **Heizungsrosselung nachts oder bei längerer Abwesenheit:** Grundsätzlich lässt sich durch die Absenkung der Raumtemperatur Energie sparen. Dabei muss jedoch auf die Wechselwirkung zwischen Energieverbrauch (sinkt mit niedrigeren Raumtemperaturen) und Schimmelpilzwachstumsrisiko (steigt mit niedrigeren Raumtemperaturen wegen der gleichzeitigen Verringerung der Innenoberflächen-temperatur der Außenwand mit der damit verbundenen Erhöhung der relativen Luftfeuchte auf dieser) geachtet werden.

6.5 Positionierung der Möbel/Anbringen von Wandbekleidungen

Wenn Möbel (z. B. Schrankwände, Einbauschränke, Sofas, Betten mit Bettkästen usw.) zu dicht an den Außenwänden und vor allem in Außenecken stehen, stellt sich hinter der Möblierung (bzw. analog hinter Wandbekleidungen) nur eine unzureichende Luftbewegung (Konvektion) und ein stark minimierter Strahlungsaustausch mit dem Raum ein. In Abhängigkeit von der Dämmung der Außenwand können die Folge niedrige Oberflächentemperaturen an der Innenseite der Außenwand hinter der Möblierung und an der Rück- bzw. Unterseite der Möbel in Verbindung mit einem erhöhten Schimmelpilzwachstumsrisiko sein. [14]

Zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum ist es vorteilhaft, große Möbel, wie z. B. Schrankwände, Sofas oder Betten, nicht an der Außenwand aufzustellen. Kann diese Empfehlung nicht eingehalten werden, bestehen verschiedene Möglichkeiten, das Schimmelpilzwachstumsrisiko zu vermindern:

- Verbesserung des Wärmeschutzes der wärmeübertragenden Bauteile;
- Hinterlüftung — Abrücken der Möbel von der Wand um mindestens 5 cm, damit eine umlaufende Luftschicht entsteht, die eine Luftzirkulation ermöglicht. Bei Einbaumöbeln müssen zusätzlich große Lüftungsöffnungen im Sockel und in den umlaufenden Blenden vorhanden sein;
- in den Möblierungsplänen sollten die Empfehlungen zur Möbelpositionierung Berücksichtigung finden.

Es wird empfohlen, bei Wandbekleidungen an Außenwänden, wie beispielsweise Holzpaneele, für eine ausreichende Hinterlüftung zu sorgen (freie Fläche im gesamten vertikalen Bereich der Bekleidung unten und oben), oder anderenfalls auf Wandbekleidungen an Außenwänden zu verzichten. Innenwärmedämmung darf keinesfalls hinterlüftet werden. Vorhänge und Gardinen sollten nicht ganz bis zum Fußboden reichen und auch oben einen Luftspalt freilassen. Heizkörperverkleidungen müssen eine ausreichende Luftzirkulation am Heizkörper sicherstellen. Ungünstige Verhältnisse entstehen, wenn Betten mit geschlossenem Aufbau (Bettkästen) im Erdgeschoss oder über ungeheizten Bereichen z. B. (Durchfahrten) aufgestellt werden.

ANMERKUNG In Ausnahmefällen kann eine örtliche Beheizung der Wand in Erwägung gezogen werden.

7 Lüftungs- und heizungstechnische Maßnahmen

7.1 Allgemeines

Die folgenden Hinweise sind nicht für die Auslegung von haustechnischen Anlagen gedacht.

7.2 Lüftungs- und heizungstechnische Systeme

Gebäude können frei, ventilatorgestützt oder in Kombination beider Varianten gelüftet werden. Dabei können z. B. folgende Systeme der Wohnungslüftung unterschieden werden:

Die freie Lüftung basiert auf der Nutzung der natürlichen Druckdifferenzen an der Gebäudehülle durch Wind und thermischen Auftrieb. Es wird unterschieden zwischen

- Querlüftung über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD);
- Schachtlüftung; und
- Fensterlüftung.

Kennzeichnend für freie Lüftung ist die starke Abhängigkeit des Luftwechsels vom Nutzerverhalten und von Witterungseinflüssen.

Bei zunehmender Dichtheit der Gebäudehülle wird ein Luftaustausch durch Infiltration reduziert. Der erforderliche Luftaustausch muss durch Lüftungsmaßnahmen (Querlüftung über ALD, Schachtlüftung, Fensterlüftung oder Lüftungsanlagen) erfolgen.

Basis der ventilatorgestützten Lüftung ist der Transport der Luft mittels Ventilatoren. Mit

- Zuluftsystemen,
- Abluftsystemen,
- Zu- und Abluftsystemen

können geregelte Volumenströme weitestgehend unabhängig von natürlichen Antriebskräften nutzerunabhängig erzeugt und weitergehende Anforderungen an die Raumluftqualität erfüllt werden. Ventilatorgestützte Lüftungskonzepte können unter bestimmten Umständen im Vergleich zu einer freien Lüftung eine Energieeinsparung ergeben (z. B. durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft) und zur Verbesserung der Raumluftqualität beitragen (z. B. Filterung der Außen- bzw. Zuluft), sind aber mit erhöhten Aufwendungen (zusätzliche Investitionen, höhere Instandhaltungskosten, Hilfsenergieverbrauch) verbunden.

Für fensterlose Räume siehe bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen [13] und DIN 18017-3.

7.3 Heizungstechnische Maßnahmen

Heizungssysteme unterscheiden sich in Hinsicht auf die Schimmelpilzproblematik durch

- die Anordnung und Größe der Heizflächen,
- die Oberflächentemperatur der Heizflächen,
- den Anteil von Strahlung und Konvektion,
- das regelungstechnische Verhalten.

Grundsätzlich sind diejenigen Systeme als günstig einzuschätzen, die zu einer größeren — energetisch allerdings ungünstigen — Aufheizung der inneren Außenwand-Oberflächen führen. Dies können sowohl Strahlungs- als auch Konvektions-Wärmeströme sein.

Generell gilt, dass mit zunehmender Wärmedämmung der Außenwände die Unterschiede zwischen den einzelnen Heizungssystemen kleiner werden und damit deren Einfluss auf das Schimmelpilzwachstumsrisiko abnimmt.

Ein maßgeblicher Einfluss des Heizbetriebes auf das Schimmelpilzwachstumsrisiko besteht über eine Raumtemperaturänderung. Mit abnehmender Raumlufttemperatur nimmt das Risiko des Schimmelpilzwachstums wegen der erhöhten relativen Raumluftfeuchte deutlich zu.

Handelt es sich um Nebenräume mit gelegentlichem Aufenthalt von Personen (Hobby-, Gästezimmer, leerstehender Wohnraum), die über längere Zeit mit niedrigen Temperaturen betrieben werden, so kann im Allgemeinen davon ausgegangen werden, dass zwar geringere Luftwechsel, andererseits aber keine hohen Feuchteemissionen gegeben sind. Eine Gefährdung ist dann nicht gegeben, wenn der Raum temperiert und gelegentlich gelüftet wird, wärmegeklärt ist, die Türen zum Rest der Wohnung geschlossen gehalten werden und keine weiteren Feuchtequellen vorhanden sind.

Die Auslegung von heizungstechnischen Anlagen erfolgt nach den einschlägigen Normen.

8 Begutachtung bei bestehenden Gebäuden

8.1 Allgemeines

Das Risiko des Schimmelpilzwachstums ist vorrangig von der Baukonstruktion, dem Nutzerverhalten und der Beheizung und Belüftung abhängig, siehe Abschnitt 5, Abschnitt 6 und Abschnitt 7. Die Begutachtung eines vorhandenen Schimmelpilzschadens sollte der Frage nachgehen, ob die Ursache auf baukonstruktive und/oder nutzerbedingte Einflüsse zurückzuführen ist.

Die Baukonstruktion muss dem Mindestwärmeschutz entsprechen, der zum Zeitpunkt der Errichtung des Bauwerks gültig war. Werden Teile der thermischen Gebäudehülle so geändert, dass dies einen maßgeblichen Einfluss auf den Wärmeschutz hat, so gelten für diese Bauteile im Allgemeinen die Anforderungen zum Zeitpunkt der Änderung. Sofern baukonstruktive Einflüsse nicht ausgeschlossen werden können, ist bei einem Schimmelpilzschaden der Mindestwärmeschutz der Baukonstruktion zu überprüfen.

Anhang A gibt einen Überblick über die Mindestanforderungen an den baulichen Wärmeschutz von flächigen Bauteilen.

Das Nutzerverhalten, insbesondere das Lüftungsverhalten, muss den baukonstruktiven und nutzungsbedingten Gegebenheiten angepasst sein. Im Sinne von DIN 4108-2 ist die Voraussetzung zur Verringerung des Schimmelpilzwachstumsrisikos eine gleichmäßige Beheizung, eine ungehinderte Luftzirkulation und eine ausreichende Belüftung.

Zur Beurteilung des Nutzerverhaltens sind Langzeitmessungen von Raumtemperaturen und Raumluftfeuchten zweckmäßig. Der Messzeitraum muss so gewählt werden, dass durch die Messung die Auswirkungen des Nutzerverhaltens ausreichend genau beschrieben werden können.

Die in Anhang B befindliche Zusammenstellung von Befragungsinhalten und Beurteilungskriterien kann als Hilfestellung für das Begutachten von Schimmelpilzschäden verwendet werden.

8.2 Mögliche Messungen

8.2.1 Arten von Messungen

Grundsätzlich können Messungen unterschieden werden nach:

- der Messgröße (Oberflächentemperatur innen und außen, Oberflächenfeuchte, Lufttemperatur innen und außen, Luftfeuchte innen und außen, Bauteilfeuchte über der Bauteiltiefe, Luftströmung, CO₂-Konzentration, Schadstoff- und/oder Sporenbelastung der Raumluft und der Außenluft);
- der Dauer (Kurz- oder Langzeitmessung);
- der Aussage (orientierend, vergleichend, exakt).

Für die bei Schimmelschäden üblichen Messungen gilt:

- die Messung von Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte zur Beurteilung hinsichtlich einer Schimmelbildung ist nur als Langzeitmessung sinnvoll;
- die Messung der Oberflächentemperaturen ist je nach Fragestellung als Kurzzeitmessung (z. B. Infrarotverfahren zur Ortung von Fehlstellen in der Wärmedämmung; orientierende Aussage) oder als Langzeitmessung (z. B. Oberflächentemperaturen im Bereich von Wärmebrücken; quantitative Aussage) sinnvoll;
- die Messung von Luftschadstoff- und Sporenbelastung, Baufeuchte und Luftströmungen ist in der Regel eine Kurzzeitmessung.

8.2.2 Einflüsse auf die Messwerte der Oberflächentemperaturen

Die Momentanwerte der Oberflächentemperaturen werden von Bedingungen (auch längerfristig) vor der Messung und von denen während der Messung beeinflusst. Diese können z. B. sein:

- instationäres Verhalten der Bauteile (Temperaturen, Feuchtigkeit);
- Temperaturdifferenzen zwischen innen und außen;
- Verlauf des Innen- und Außenklimas;
- Verdunstungswärme;
- Einfluss der Baufeuchte;
- Messverfahren/-gerät selbst;
- Besonnung (Außen- und/oder Innenoberfläche der Wand);
- Öffnungszustand der Fenster;
- Heizungs- und Lüftungsverhalten;
- Möblierung, Bilder, Vorhänge, Verkleidungen;
- Verfälschung durch Luftundichtheiten oder Luftströmung im Bereich der Messstelle;
- Verfälschung durch Strahlung und/oder aufsteigende Warmluft von Heizkörpern und Heizflächen.

8.2.3 Messungen zur Beurteilung von Wärmebrücken und des baulichen Mindestwärmeschutzes

Kurzzeitmessungen werden als nicht geeignet angesehen. Temperaturmessungen, z. B. mittels Infrarotthermografie, sind ohne weitere Absicherung in der Regel nicht zielführend. Für quantitative Aussagen sind Langzeitmessungen erforderlich.

Langzeitmessungen in diesem Zusammenhang bedeutet: Die kontinuierliche Messung und Mittelung in der Regel über mindestens zwei Wochen bei einer Außentemperatur von $\leq 5\text{ °C}$ (im Mittel über die Messperiode), wobei gleichzeitig jeweils die innere und äußere Oberflächentemperatur in einem nicht besonnten Bereich, die Lufttemperatur und möglichst die Luftfeuchte zu erfassen und auszuwerten sind. Bei besonnten Bereichen sind nur die Nachtzeiträume oder bewölkte Tage für die Auswertung heranzuziehen.

Bei entsprechendem Nachweis der Tauglichkeit sind andere, ingenieurmäßige Mess- und Nachweisverfahren möglich.

8.2.4 Hinweise zur Messung der Baufeuchte

Bei der Messung der Baufeuchte sollte sowohl im Schadensbereich gemessen werden (feuchter Bereich, in der Nähe von Rissen, Regenfallleitung usw.) als auch ein Referenzwert an schadensfreier Wandfläche bestimmt werden, an Außen- und Innenwand sowie im Nachbarraum. Die Tiefenverteilung der Bauteilfeuchte über den Wandquerschnitt kann bei Massivwänden z. B. orientierend durch Messung von innen und außen bestimmt werden, oder z. B. mit Neutronensonden oder über Bohrungen über den Wandquerschnitt.

8.3 Mögliche Untersuchungsmethoden für Wärmebrücken

Mögliche Untersuchungsmethoden für Wärmebrücken in bestehenden Gebäuden sind:

- Numerische Berechnung, ausgehend von Detailplänen oder, soweit erforderlich, nach Probenahme aus den Bauteilen;
- Langzeitmessung, nach 8.2.3, als quantitative Aussage über die vorhandenen Temperaturen bzw. Temperaturfaktoren;
- Kurzzeitmessungen, z. B. durch Infrarotthermografie, die Hinweise auf Wärmebrücken liefern können.

8.4 Beurteilung des Lüftungsverhaltens

Bei der Beurteilung der vorhandenen relativen Luftfeuchtigkeit sind nicht nur die Anzahl und Dauer der Lüftungsvorgänge, sondern auch Einflüsse wie z. B. der Baufeuchte, Pufferwirkung der Innenbauteile und der Einrichtung, Luftdichtheit des Gebäudes, Belegungsichte der Wohnung, Beheizung und Außenklima usw. zu berücksichtigen.

Die vorhandene, relative Luftfeuchte ist mit der Luftfeuchte zu vergleichen, die sich für die schlechteste bauliche Stelle so ergibt, dass dort noch kein Schimmelwachstum auftritt.

Wird die vorhandene Luftfeuchtigkeit als zu hoch eingeschätzt, ist zu prüfen, ob und gegebenenfalls wie es dem Nutzer möglich ist, durch ein geändertes Lüftungsverhalten eine niedrigere Luftfeuchtigkeit einzuhalten. Dabei ist auch ein Vergleich mit Literaturwerten zu üblichen Raumluftfeuchten bei üblicher und zumutbarer Lüftung, in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur und -feuchte möglich.

9 Beseitigung

Zur Beseitigung eines aufgetretenen Schimmelpilzbefalls wird auf die Literatur verwiesen (z. B. Leitfaden des Umweltbundesamts [1]). Über die Beseitigung eines aufgetretenen Schimmelpilzbefalls hinaus sind in jedem Fall auch die Ursachen des Schimmelpilzwachstums zu ermitteln und zu beseitigen. Beispielsweise:

- Reduzierung der Feuchtezufuhr; und/oder
- Veränderung des Heizverhaltens; und/oder
- Veränderung des Lüftungsverhaltens; und/oder
- Verbesserung des Wärmeschutzes; und/oder
- Verbesserung der Anlagentechnik.

Anhang A (informativ)

Historische Entwicklung von Mindestanforderungen an baulichen Wärmeschutz

A.1 Allgemeines

Die tabellierten Mindestanforderungen an den Wärmeschutz bzw. den Wärmedurchlasswiderstand von Außenbauteilen bei Aufenthaltsräumen in den früheren Ausgaben von DIN 4108-2 (bzw. von DIN 4108) beziehen sich auf flächige Bauteile; abweichende Anforderungswerte galten teilweise „an der ungünstigsten Stelle“ (der flächigen Außenbauteile). Dies beinhaltet konstruktive Wärmebrücken, nicht jedoch geometrische Wärmebrücken. Konstruktive Wärmebrücken in diesem Sinne sind Stellen, bei denen innerhalb des Außenbauteils Materialien mit unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten verwendet werden und sich damit Bereiche mit unterschiedlichem Wärmedurchlasswiderstand im Bauteil ergeben, z. B. Stützen innerhalb von Wänden, Nischen unter Fenstern, Fensterstürze, Rohrkanäle in der Außenwand. Geometrische Wärmebrücken in diesem Sinne sind Anschlussstellen zwischen Bauteilen, z. B. Außenwandecken, Wand- und Deckeneinbindungen.

Nach DIN 4108:1969-08 waren bei Wänden, Decken und Dächern die Wärmebrücken entsprechend dem Mindestwärmeschutz der jeweiligen Bauteilfläche zu dämmen.

Für den Bereich der Wärmebrücken waren nach DIN 4108-2:1981-08 die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz der jeweiligen Bauteilfläche einzuhalten, wobei teilweise für die „ungünstige Stelle“ geringere Anforderungen angegeben wurden. Nach DIN 4108-2:1981-08 galt: Ecken von Außenbauteilen mit gleichartigem Aufbau sind nicht als Wärmebrücken zu behandeln. Bei anderen Ecken von Außenbauteilen war der Wärmeschutz durch konstruktive Maßnahmen zu verbessern. Geeignete konstruktive Maßnahmen sollten in gesonderten Veröffentlichungen erläutert werden. Für übliche Verbindungsmittel (z. B. Nägel, Schrauben, Drahtanker) und Mörtelfugen von Mauerwerk brauchte ebenfalls kein Nachweis der Wärmebrückenwirkung geführt zu werden.

In der gleichzeitig veröffentlichten DIN 4108-5:1981-08 wurden erstmals Berechnungsverfahren zum Nachweis der Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen normiert. In der ebenfalls gleichzeitig herausgegebenen DIN 4108-3:1981-08 wurden diesbezüglich Randbedingungen näher definiert. In Ermangelung genauer Vorgaben zum Raumklima in DIN 4108-3:1981-08, 3.1, *Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen* setzte sich in Fachkreisen durch, den Nachweis der Tauwasserfreiheit auf der Oberfläche flächiger Bauteile entsprechend der Klimavorgaben nach DIN 4108-3:1981-08, 3.2, *Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen* zu berechnen.

Das Berechnungsverfahren für den ebenen Wärmedurchgang galt nur für flächige Bauteile mit einer oder mehreren Schichten. Die nebeneinander liegenden Bereiche von Bauteilen mit konstruktiven Wärmebrücken wurden jeweils einzeln gerechnet (heute erfolgt die Berechnung solcher Bauteile mehrdimensional nach DIN EN ISO 10211). Das Berechnungsverfahren galt nicht für geometrische Wärmebrücken, wurde aber sinngemäß auch auf geometrische Wärmebrücken angewendet, auch mit nicht gleichartigem Aufbau der Bauteile, z. B. eine Außenwandecke mit Eckstütze. Allerdings, ohne die hier vorhandenen speziellen Randbedingungen wie den behinderten Wärmeübergang auf der Raumseite durch die behinderte Luftzirkulation rechnerisch zu berücksichtigen.