

MindLW Version 8

Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen

für Windows 64 Bit

Das Programm MindLW berechnet Luftvolumenströme zur Realisierung eines Lüftungskonzeptes. Die Auslegung kann erfolgen nach der Hygienelüftung, Feuchteschutzlüftung und der Entlüftung von Nassräumen. Neben der vorausgesetzten ventilatorgestützten Lüftung ist die Fensterlüftung (manuell oder automatisiert) als Untersuchungsvariante möglich. Ist der notwendige bzw. erreichbare Luftvolumenstrom bekannt, kann zum Nachweis der Raumluftqualität eine Simulation erfolgen, in der die CO₂-Konzentration und die sich näherungsweise einstellende Raumluftfeuchte ermittelt wird.

Grundlage für die Berechnungen sind Normen und Richtlinien für Wohn- und Nichtwohngebäude mit Ergänzungen, welche in der Planungspraxis von Interesse sind bzw. benötigt werden. Dabei wird raumweise vorgegangen. MindLW 8 eignet sich sowohl für die fachgerechte Auslegung, als auch für die Begutachtung mittels Parametervariationen.

Auslegung der Hygienelüftung, Reiter HygAusl

The screenshot shows the 'HygAusl' tab of the MindLW 8 software. The interface is divided into several sections for input and results.

Input Section:

- Raumbeschreibung:** Raumnummer: 01, Raumbezeichnung: Wohnen/Essen/Küche
- Raumgeometrie:** Umschließungsfläche: 86.00 [m²], FB-Fläche: 53.82 [m²], li. Höhe: 2.50 [m], Möblierung: 20.0 [%]
- Personenluftrate:**
 - Anzahl der Personen: 4.0 [-]
 - Belegungsfläche: Keine [m²/Pers]
 - Alter der Personen: >= 15 [Jahre]
 - Aktivität: CO2 20 l/(h Pers.) NWG u. WZ
 - CO2-Konzentration Zuluft: 450 normale Außen [ppm]
 - CO2-Auslegungskonzentration: Kat II NWG u. WZ [ppm]
 - CO2-Anfangskonzentr. Raumluft: 450 durchlüftet [ppm]
 - Belegungszeit im Raum: 240 [min]
 - Personenluftrate errechnet: 24.3 [m³/(h Pers)]
 - Personenluftrate gewählt: ☒ 24.3 [m³/(h Pers)]
 - Prozentsatz der Unzufriedenen: 20.7 [%]
- Gebäueluftrate:**
 - Gebäudeemissionen: Schadstoffarm [-]
 - Gebäueluftrate: Keine [m³/(h m³)]
 - Raucherlaubnis: Keine [m³/(h m³)]

Ergebnisse Section:

- Raumvolumen: 134.55 [m³]
- Raumluftvolumen: 107.64 [m³]
- Anzahl Personen: 4.0 [-]
- Volumenstrom für Personen: 97.3 [m³/h]
- Volumenstrom für Gebäude: 0.0 [m³/h]
- Art der Addition: log Logarithmisch
- Volumenstrom gesamt: 97.3 [m³/h]
- Raumluftwechsel n: 0.90 [1/h]
- Mindestwert nach EN 16798-1: 57.6 [m³/h]
- Max/Mittel CO2-Konzentration: 1250/1051 [ppm]

Buttons at the bottom: Berechnen, Alles kopieren, n Kopieren, Zur Lüftungszone, CSE Nadler, OK, Abbrechen, Öffnen, Speichern unter, Info, Hilfe.

Die Berechnung des erforderlichen Zuluftvolumenstromes zur Abfuhr von Emissionen aus dem Gebäude und von Personen erfolgt auf Basis der DIN EN 16798-1 [1, Anhang B] und VDI 6040-2 [2] (Hygienelüftung bzw. Schullüftung). Die Personenluftrate kann optional aus der Vorgabe einer Soll-CO₂-Konzentration und einer Belegungszeit des Raumes errechnet werden. Der CO₂-Mittelwert im Belegungszeitraum wird ausgegeben. Weiterhin kann für die Atemluftrate zur Ermittlung der CO₂-Emission Alter und Aktivität aus den Standards zur Expositionsabschätzung [3] gewählt werden. Diese Werte sind wesentlich detaillierter und werden auch im CO₂-Tool des Niedersächsisches Landesgesundheitsamt benutzt.

Alternativ ist auch eine Auslegung durch Auswahl der nach Kategorien festgelegten Personenluftrate möglich. Da der Volumenstrom für die Personen auch die Gebäudeemissionen abführt, kann die Addition der Personen- und Gebäueluftrate wahlweise linear, logarithmisch oder durch Maximalwertbildung erfolgen. Es ist jetzt auch möglich, nur nach Schadstoffemissionen aus dem Gebäude für wenig bzw. kurzzeitig

belegte Räume auszulegen. Es gibt einen Warnhinweis, wenn ein Mindestwert nach EN 16798-1 unterschritten wird.

Auslegung der Feuchteschutzlüftung, Reiter FeuAusl

The screenshot shows the 'MindLW 8 - Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen' software interface, specifically the 'FeuAusl' tab. The interface is divided into several sections for input and output data.

Raumdaten:

- Raumnummer: 01
- Raumbezeichnung: Wohnen/Essen/Küche
- Raumluftvolumen: 107.64 [m³]
- Fußbodenfläche: 53.82 [m²]

Außenparameter:

- außenseitige Temperatur: 13.0 [°C]
- relative Außenluftfeuchte: 80.0 [%]
- Höhenlage: 30 [m]
- Luftdruck: 1010 [hPa]
- absoluter Außenluftfeuchtegehalt: 7.5 [g/kg]
- Sättigungsfeuchtegehalt: 9.4 [g/kg]

Raumparameter:

- fRsi: 0.80 [-]
- raumseitige Temperatur: 20.0 [°C]
- relative kritische Bauteilfeuchte: 80 [%]

Feuchteproduktion:

- Summe tägliche Andauer: 240 [min/d]
- Anzahl Personen: 4.0 [-]
- personenbezogen: Akt. 1 VDI2078 Entspannt [-, g/(h P)]
- Fußbodenfläche der NE: 239.04 [m²]
- flächenbezogen: Pflanzen + Sonstiges DIN/1 [-, g/(h m²)]
- individuell: Beispiele 33.3 [g/h]

Nachbarraum:

- Volumenstrom aus Nachbarraum: 0.0 [m³/h]
- Ablufttemperatur aus Nachbarraum: 20.0 [°C]
- rel. Abluftfeuchte aus Nachbarraum: 50.0 [%]

Zuluftzustand nach Wärme-/Feuchterückgewinnung:

- Rückwärmezahl: 85.0 [%]
- Rückfeuchtezahl: 0.0 [%]
- Ablufttemperatur aus NE oder Raum: 20.0 [°C]
- rel. Abluftfeuchte aus NE oder Raum: 73.3 [%]
- Zulufttemperatur in den Raum: 18.9 [°C]
- Zuluftfeuchtegehalt in den Raum: 7.5 [g/kg]

Ergebnisse:

- tägliche mittlere Feuchtelast: 31.3 [g/h]
- raumseitige Oberflächentemperatur: 18.6 [°C]
- kritischer Feuchtegehalt: 10.7 [g/kg]
- relative kritische Raumluftfeuchte: 73.3 [%]
- notwendiger Volumenstrom VolFL: 8.0 [m³/h]
- Lüftungsheizlast trocken: 2.8 [W]
- Lüftungsheizlast feucht: 22.1 [W]
- Lüftungsheizlast gesamt: 24.9 [W]

Buttons at the bottom: Berechnen, Alles kopieren, VolFL kopieren, Zur Lüftungszone, OK, Abbrechen, Öffnen, Speichern unter, Info, Hilfe.

Der erforderliche Zuluftvolumenstrom aufgrund einer vorgegebenen Feuchtelast wird auf Basis der DIN/TS 4108-8 [4, Anhang H] (Feuchteschutzlüftung zur Vermeidung von Schimmelpilz- bzw. Tauwasserbildung) ermittelt. Dabei gehen u.a. auch die Parameter Außenklima, Wärmedämmung und Raumtemperatur ein. Weiterhin wird der Feuchteübertrag aus einem Nachbarraum und die Luftkonditionierung durch eine Wärme- und/oder Feuchterückgewinnung berücksichtigt. Für die Feuchteproduktion werden einige Hilfestellungen gegeben. Neben dem erforderlichen Zuluftvolumenstrom wird auch die trockene und feuchte Lüftungsheizlast ausgewiesen.

Fensterlüftung mit Reiter DrehKipp

The screenshot shows the 'MindLW 8 - Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen' software interface, specifically the 'DrehKipp' tab. The interface is divided into several sections for input and output data.

Raumdaten:

- Raumnummer: 01
- Raumbezeichnung: Wohnen/Essen/Küche
- Umschließungsfläche: 86.00 [m²]
- Raumluftvolumen: 107.64 [m³]

Allgemein:

- Außenlufttemperatur: 13.0 [°C]
- Raumlufttemperatur: 20.0 [°C]
- Windgeschwindigkeit: 1.5 [m/s]
- Höhe der Lüftungszone: 2.74 [m]
- Rauheitsparameter: 0.03 Keine Abschirmung (offene Lage) [m]

Fensteröffnung:

- Öffnungs-Breite: 0.86 [m]
- Öffnungs-Höhe: 0.96 [m]
- Öffnungs-Weite: 8 [cm]
- Fensteranzahl: 1
- ☐ ganz geöffnet ☐ Drehfenster ☒ Kippfenster
- Lüftungsdauer: 20 [min]

Wärmequellen (WQ) und sonstige Volumenströme:

- Anz. Personen: 4 [-]
- Akt. 1 VDI2078 Entspannt [-, W/Pers]
- konv. WQ: 0 [W]
- Infiltration: 0 [m³/h]
- Soll-Volumenstrom: 72 [m³/h]

Ergebnisse:

- freie Öffnungsfläche: 0.07 [m²]
- ohne Raumlufttemperaturänderung: Volumenstrom: 29 [m³/h] Zeit für 1 LW / Luftwechsel: 222 / 0.3 [min / 1/h]
- mit Raumlufttemperaturänderung: Raumlufttemperatur am Lüftungsende: 20.7 [°C] Raumlufttemperatur 5 min nach Lüftung: 20.9 [°C] mittlerer Volumenstrom VolFE: 29 [m³/h] min. Öffnungszeiten am Tag (manuelle FEU): 1440 [min/d] Zeit für 1 LW / mittlerer Luftwechsel: 222 / [min / 1/h] min. Öffnungszeiten in der Std (autom. FEU): 60 [min/h] Minderung wg. TempÄnderung: 0.0 [%]

Buttons at the bottom: Berechnen, Alles kopieren, VolFE kopieren, Zur Lüftungszone, OK, Abbrechen, Öffnen, Speichern unter, Info, Hilfe.

Der Zuluftvolumenstrom aufgrund einer vorgegebenen Fensteröffnung errechnet sich auf Basis der DIN/TS 4108-8 [4, Anhang G] für einseitige Fensterlüftung. In Erweiterung dieser Algorithmen wird berücksichtigt, dass der thermisch induzierte Volumenstrom durch das

Fenster aufgrund der sich verringernden Temperaturdifferenz während der Lüftungsdauer abnimmt. Unter der Voraussetzung, dass sich die raumseitigen Oberflächentemperaturen in einer kurzen Lüftungsdauer aufgrund der thermischen Trägheit nicht verändern, wird auch berechnet, welche Raumlufthtemperatur sich in einer relativ kurzen Zeit nach der Fensterlüftung wiederinstellt.

Mit diesem Reiter kann überprüft werden, unter welchen Bedingungen eine Fensterlüftung möglich bzw. nicht möglich ist. Außerdem werden minimale Öffnungszeiten für den manuellen und automatisierten Tagesbetrieb angegeben.

Simulation des Raumlufthzustandes, Reiter Simu

The screenshot shows the 'Simu' tab of the 'MindLW 8 - Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen' application. The interface includes the following sections:

- Raumdaten:** Raumnummer: 01, Raumbezeichnung: Wohnen/Eszen/Küche, Raumlufthvolumen: 107.64 [m³]
- Personendaten:** Anzahl der Personen: 3.5 [-], Alter der Personen: >= 15 [Jahre], Aktivität: CO2 20 l/(h Pers.) NWG [-], Belegungszeit im Raum: 240 [min]
- CO2-Daten:** CO2-Konzentration Zuluft: 450 normale Aul. [ppm], CO2-Anfangskonzentr. Raumlufth: 450 durchlüftet [ppm], Zuluftvolumenstrom installiert: 72.0 [m³/h]
- Zuluftzustand:** Luftdruck: 1010 [hPa], Zulufttemperatur in den Raum: -5.0 [°C], Zuluftfeuchtegehalt in den Raum: 2.0 [g/kg], relative Zuluftfeuchte: 80.7 [%]
- Raumparameter:** Faktor Feuchte Speicherung: 10.0 [-], Raumlufthtemperatur: 20.0 [°C], Feuchtebelastung in Belegungszeit: 31 [g/h], relative Anfangslufthfeuchte: 50 [%], absoluter Anfangslufthfeuchtegehalt: 7.3 [g/kg]
- Ergebnis Raumlufthqualität:** CO2-Endkonzentration Raumlufth: 1485 [ppm], CO2-Mittelkonzentration Raumlufth: 1174 [ppm], Luftwechselrate: 0.67 [1/h], Personenluftrate: 18.0 [m³/(h Pers.)], Prozentsatz der Unzufriedenen: 25.6 [%]
- Ergebnis Raumlufthfeuchte/Lüftungshheizlast:** relative Endlufthfeuchte: 41.5 [%], absoluter Endfeuchtegehalt: 6.0 [g/kg], Lüftungshheizlast trocken: 657.5 [W], Lüftungshheizlast feucht: 270.1 [W], Lüftungshheizlast gesamt: 927.6 [W]

At the bottom, there are buttons for 'Berechnen', 'Alles kopieren', 'VolZu kopieren', and 'Zur Lüftungszone'. The footer shows 'CSE Nadler' and standard window controls (OK, Abbrechen, Öffnen, Speichern unter, Info, Hilfe).

In diesem Reiter wird die sich einstellende CO₂-Konzentration und Raumlufthfeuchte bei einem ausgewählten bzw. installierbarem Zuluftvolumenstrom ermittelt. Die Stufung im Volumenstrom der erhältlichen Ventilatoren wird selten mit dem errechneten Wert übereinstimmen. Welche Raumlufthqualität tatsächlich durch die Baumaßnahme geliefert wird, kann mit dem Reiter Simu rechnerisch nachgewiesen werden.

Wird der Zuluftvolumenstrom mit anderen Methoden berechnet, z.B. mit der DIN 1946-6 [5], kann hier auch eine Qualitätsprüfung durchgeführt werden. Weiterhin ist eine Abschätzung möglich, mit der man zu trockene oder zu feuchte Luft bei einem bestimmten Zuluftvolumenstrom und weiteren Parametern überprüfen kann. Auch hier wird die Lüftungshheizlast für die Heiz- und Kühllastberechnung ausgegeben, wobei man den Anteil der feuchten Lüftungshheizlast beachten sollte, da dieser in den gängigen Normen und Richtlinien vernachlässigt wird.

Mit einer solchen Simulation erhält der Planer eine gewisse Rechtssicherheit bezüglich der geschuldeten Raumlufthqualität.

Auslegung der Abluftvolumenströme, Reiter AblAusl

Zur Vervollständigung einer Lüftungszone müssen auch die Auslegungs-Abluftvolumenströme für Nassräume in Wohn- und Nichtwohngebäuden bekannt sein. Mit der europäischen Norm EN 16798-1 kann man die Entlüftung von Küchen, Bädern und Toiletten in Wohngebäuden berechnen. Haben diese aber kein Außenfenster, ist in Deutschland die Bauaufsichtliche Richtlinie [6] vorgeschrieben. Beide Möglichkeiten sind im Reiter AblAusl gegeben. Es ergeben sich hier Volumenströme, die in ihrer Höhe und in der Betriebsweise der gemäß dieser Richtlinie noch gültigen DIN 18017-3:2009-09 [7] entsprechen, wodurch auch die verminderten Brandschutzanforderungen bestehen bleiben. Für Nichtwohngebäude wird der Abluftvolumenstrom in Sanitäräumen gemäß ASR A4.1 [8] mit $11 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ berechnet. In sonstigen Ablufträumen in Nichtwohngebäuden nach einer vorgebbaren Luftwechselrate, welche der Fachliteratur zu entnehmen ist. Als Ergebnis wird auch ausgegeben, nach welcher Zeit ein einmaliger Raumlufwechsel erfolgt ist. Dieser Zeitraum kann als Maß für die Geruchsdauer angesehen werden und sollte bei stark frequentiertem Betrieb nicht zu lang sein. Bei Auslegung nach EN 16798-1 kann zur Verringerung der Geruchsdauer eine höhere Kategorie gewählt werden.

Anwendung

Für die Weiterverarbeitung der Ergebnisse kann der ermittelte Wert einzeln oder mit allen Angaben zur Dokumentation in die Windows-Zwischenablage kopiert werden. Die Einzelübertragung kann direkt in ein weiteres Programm, z.B. für die Heizlastberechnung, erfolgen. Mit dem Button „Alles kopieren“ werden die Hintergründe der Berechnung in eine Excel-Vorlage kopiert. Der Button „Zur Lüftungszone“ kopiert nur die wichtigsten Daten aus dem gewählten Reiter heraus und kann in die Excel-Vorlage als Zusammenstellung einer Lüftungszone eingefügt werden. Der Reiter mit dem höchsten erforderlichen Zu-/Abluftvolumenstrom sollte dabei gewählt werden.

Es werden von MindLW 8 nur die Mindestanforderungen an den Volumenstrom raumweise berechnet. Die planmäßigen Luftströmungswege mit den zugehörigen Volumenströmen innerhalb der Lüftungszone muss der Planer selbst bestimmen. Dadurch besteht die

größtmögliche Flexibilität bei der Lüftungsplanung für moderne Grundrisse oder unterschiedliche Lüftungssysteme. Die DIN 1946-6 scheitert schon an gefangenen Räumen oder mehreren nicht zusammenhängenden Fluren in einer Nutzungseinheit. Ebenso bei einer Zu-/Abluftanlage, wenn die Ablufträume nicht mit bereits verbrauchter Luft entlüftet werden. Die marktführenden Push-Pull-Geräte (Pendellüfter) werden in dieser Norm überhaupt nicht betrachtet.

Desgleichen kann man mit der DIN 1946-6 keine Kategorien mit dem Bauherrn vereinbaren und die Abfuhr von Baustoffemissionen wird auch nicht behandelt. Es kann nicht sein, dass der Bauherr keine Information über die Raumlufthausqualität der geplanten Lüftungsanlage bekommt. Auch nicht darüber, ob eventuell ein höherer Volumenstrom zur Abfuhr von Feuchte oder Baustoffemissionen gegenüber der Hygienelüftung notwendig wäre. So kann z.B. der notwendige Volumenstrom zur Abfuhr von Feuchte größer als die Nennlüftung nach DIN 1946-6 sein. Die DIN 1946-6 berücksichtigt kein Wäschetrocknen und gilt bis auf die Kellerlüftung nur in der Heizzeit, in der die Außenluft relativ trocken ist. Im Herbst ist die Außenluft feucht und es errechnen sich höhere Volumenströme zur Feuchteschutzlüftung. Für Neubauten von Einfamilienhäusern und Wohnungen in Mehrfamilienhäuser über 60 m² ist auch der Volumenstrom zur dauerhaften Abfuhr von Baustoffemissionen nach EN 16798-1 größer, als die dauerhaft betriebene Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6.

Eine Auslegung der Wohnungslüftung nach EN 16798-1 und DIN/TS 4108-8 ist daher sehr zu empfehlen. Auch der noch DIN-interne Entwurf der europäischen Wohnungslüftungsnorm EN 15665 empfiehlt die EN 16798-1 für die Auslegung der Volumenströme.

Mit der EN 16798-1 hat man die Möglichkeit, eine bedarfsgerechte Auslegung nach der CO₂-Konzentration vorzunehmen. Mit MindLW 8 ist zusätzlich auch die Belegungszeit des Raumes vorgebar. Da dadurch auch das Raumlufthausvolumen berücksichtigt wird, ist es möglich, dass für eine relativ kurze Belegungszeit keine Lüftung für anthropogene Emissionen erforderlich ist, z.B. 30 Schüler für 45 min in einer großen Aula.

Eine Lüftungseffektivität wird in MindLW 8 nicht berücksichtigt. D.h., es wird von einer idealen Mischungsströmung ausgegangen. Dafür wird aber das Möblierungsvolumen vom Raumlufthausvolumen abgezogen, da dieses Volumen nicht am Luftaustausch teilnimmt. Bei der instationären Berechnung mit einer entsprechend kurzen Belegungszeit können dadurch höhere Volumenströme notwendig sein.

Auch im Bereich der Nichtwohngebäude ist eine Auslegung nach der CO₂-Konzentration vorgesehen. Einige Normen und Richtlinien hierfür verlangen oder empfehlen inzwischen die Einhaltung einer bestimmten maximalen oder mittleren CO₂-Konzentration, welche auch über ein Lüftungskonzept zu dokumentieren ist:

- Arbeitsstättenrichtlinie ASR 3.6 Lüftung 2018-05
- RLT – Anlagenbau 2018. Hinweise zur Planung und Ausführung von Raumlufthaus-technischen Anlagen für öffentliche Gebäude. Empfehlung Nr. 140. Stand:

26.06.2018. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV).

- VDI 6040-1:2011-06
Raumluftechnik – Schulen - Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien)
- Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I: Bildungseinrichtungen. Bundesgesundheitsblatt 2018 · 61:239–248. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2018

Einige Gesundheitsämter fordern für die Planung der Schullüftung den Nachweis einer mittleren CO₂-Konzentration von 1000 ppm während einer Unterrichtseinheit und die Betrachtung der Raumluftheuchte. Sie verweisen dabei auf die Kriterien in [9].

Aus dem Zuluftvolumenstrom ergibt sich eine Luftwechselzahl n für einen Raum, die in vielen anderen Programmen eine Eingabegröße darstellt. Üblicherweise rechnet man mit $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$, jedoch ist die Mindestluftwechselzahl von einigen Faktoren abhängig. Um eine projektbezogene Auslegung vorzunehmen, können mit MindLW diese Faktoren berücksichtigt werden. Es hat sich in der Anwendung gezeigt, dass der Standardwert zu pauschal ist und selten erreicht wird.

Neben dem Alter der Rauminnsassen wird auch der Aktivitätsgrad berücksichtigt, was besonders bei der Schullüftung, in Kindertagesstätten oder in Sporteinrichtungen wichtig ist. Zur vorgegebenen oder errechneten Personenlufrate wird der erwartete Prozentsatz der Unzufriedenen angezeigt, der sich allerdings nur auf Erwachsene bezieht.

Aus den Kernbotschaften in [9] geht auch hervor, dass eine Zusatzlüftung über Fenster in den Schulpausen dringend empfohlen wird. Außerdem soll eine Wärme- und Feuchterückgewinnung vorhanden sein und für die relative Feuchte wird ein Bereich von 30-60 % genannt. Mit MindLW 8 können diese Anforderungen rechnerisch untersucht und somit gegenüber den Behörden nachgewiesen werden.

Literatur

- [1] DIN EN 16798-1:2021-04: Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftheuchte, Temperatur, Licht und Akustik.
- [2] VDI 6040 Blatt 2:2015-09: Raumluftechnik - Schulen - Ausführungshinweise (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien).
- [3] Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales, Hamburg: Standards zur Expositionsabschätzung. Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene, Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamtinnen und –beamten der Länder. AUH, 1995.
- [4] DIN/TS 4108-8:2021-12: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden

- [5] DIN 1946-6:2019-12: Raumluftechnik — Teil 6: Lüftung von Wohnungen — Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung.
- [6] Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen.
Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Stand April 2009, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom 1. Juli 2010.
- [7] DIN 18017-3:2009-09: Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren
- [8] ASR A4.1:2017: Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR) – Sanitärräume. Ausschuss für Arbeitsstätten – BAuA – www.baua.de.
- [9] Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I: Bildungseinrichtungen. Bundesgesundheitsblatt 2018 · 61:239–248. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2018