

Das Softwaretool „MindLW 8“

Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen – Teil 1



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.

Dipl.-Ing. Norbert Nadler
CSE Nadler,
16515 Oranienburg,
www.cse-nadler.de

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. Das Programm „MindLW“ eignet sich sowohl für die fachgerechte Auslegung, als auch für die Begutachtung mittels Parametervariationen.

Dieses Tool ist für „Windows 64 Bit“ kostenfrei unter [1] erhältlich. Dort ist auch eine Info über den grundsätzlichen Umgang mit dem Programm sowie eine kurze Erläuterung der Berechnungsgrößen vorhanden. In einigen Ingenieurbüros ist „MindLW“ in früheren Versionen seit längerer Zeit im Einsatz. Über die Hintergründe zu den verwendeten Algorithmen soll in diesem Beitrag berichtet werden.

Bedarfsgerechte Auslegung anhand der CO₂-Konzentration

Mit der DIN EN 16798-1 [2] hat

man die Möglichkeit, eine bedarfsgerechte Auslegung nach der CO₂-Konzentration sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude vorzunehmen, allerdings nur in der stationären Variante. Die CO₂-Konzentration ist nicht nur ein Indikator für anthropogene Emissionen, sie wird inzwischen auch als Warnsignal für das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2-Viren verwendet (s.a. CO₂-Ampel in Schulen).

Mit „MindLW“ ist zusätzlich auch die Belegungszeit des Raumes vorgebar. Da hier auch das Raumluftvolumen 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“ nicht berücksichtigt. D.h., es wird von einer idealen Mischungsströmung ausgegangen. Dafür wird aber das Möblierungsvolumen vom Raumluftvolumen abgezogen, da dieses Volumen nicht am Luftaustausch teilnimmt. Bei der instationären Berechnung mit einer entsprechend kurzen Belegungszeit können dadurch höhere Volumenströme notwendig sein.

Einige Richtlinien 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,
- AMEV RLT-Anlagenbau 2018 [3],
- VDI 6040-2 [4],
- Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I: Bildungseinrichtungen [5].

Die Gesundheitsämter fordern für die Planung der Schullüftung den rechnerischen Nachweis einer mittleren CO₂-Konzentration von 1.000 ppm während einer Unterrichtseinheit und die Betrachtung der Raumluftfeuchte. Sie verweisen dabei auf die Kriterien in [5], in denen auch die Praxistauglichkeit der Lüftung für die einzelnen Räume rechnerisch nachzuweisen ist. D.h., es sind Parametervariationen durchzuführen.

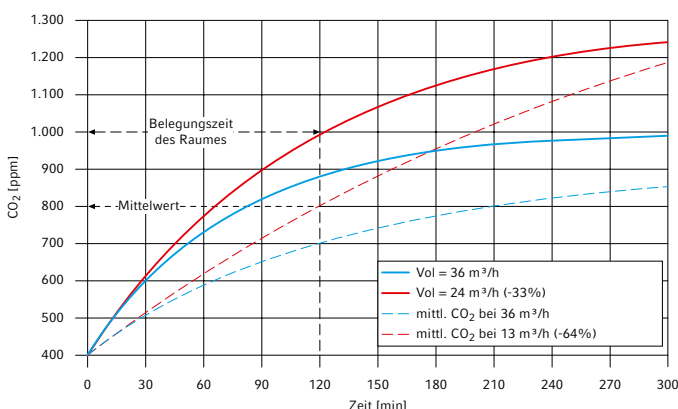
Auch die AMEV-Richtlinie verlangt in [3, Abschn. 4.2.1] für Unterrichtsräume, dass nicht nur ein Lüftungskonzept projektspezifisch zu erstellen ist, sondern auch dessen Funktionsfähigkeit zu überprüfen ist.

Die Besonderheiten einer Auslegung nach CO₂ sollen hier beispielhaft verdeutlicht werden.

Bild 1 zeigt für einen Raum mit 45 m³ Raumluftvolumen und Belegung mit einer Person in Ruhe, wie sich die Auslegungsvolumenströme verringern können, wenn die Belegungszeit des Raumes berücksichtigt wird und außerdem der Mittelwert der CO₂-Konzentration die Auslegungsgrundlage ist.

Legt man nach stationären Verhältnissen aus, dann würde sich für eine maximale CO₂-Konzentration von 1.000 ppm ein Volumenstrom von 36 m³/h ergeben. Das entspricht der Personenluftfrate

1 Einfluss der Belegungszeit des Raumes



und der Mittelwertbildung bei der CO₂-Konzentration auf den Auslegungsvolumenstrom

nach DIN EN 16798-1 für die Kategorie I. Wird der Raum aber nur für 120 min belegt, könnten 24 m³/h ausreichend sein, da 1.000 ppm in dieser Zeit nicht überschritten werden. Das ergibt eine Einsparung im Volumenstrom von 33 %.

Wird ein Mittelwert der CO₂-Konzentration innerhalb des Belegungszeitraumes zugrunde gelegt, wäre für 1000 ppm gar kein Volumenstrom mehr erforderlich, da allein das Raumluftvolumen für diese Belastung ausreichend ist. Allerdings ist vor und nach der Belegung ein Volumenstrom für mindestens einen einfachen Luftwechsel erforderlich, um den Raum vor der Belegung vollständig zu durchlüften bzw. nach der Belegung die verbrauchte Raumlufte abzuführen.

Bei einer Reduktion von 64 % gegenüber dem stationären Ergebnis würden sich noch komfortable 800 ppm nach 120 min als Mittelwert einstellen.

Bild 2 zeigt den Einfluss des Raumluftvolumens auf den Auslegungsvolumenstrom. Hier wird für einen Raum mit gleicher Grundfläche und gleicher Belastung und Zielwert 1000 ppm eine höhere Raumhöhe angenommen, was ein 20 % höheres Raumluftvolumen zur Folge hat. Bis zu einer Belegungszeit von 60 min ist allein das Raumluftvolumen für diese Belastung wieder ausreichend. Im Zeitraum 60 bis ca. 300 min übt das Raumluftvolumen einen Einfluss auf den erforderlichen Auslegungsvolumenstrom aus. Bei 120 min ergibt sich eine Reduktion von 28 % bei einer Raumhöhe von 3,00 m gegenüber der Berechnung mit 2,50 m Raumhöhe.

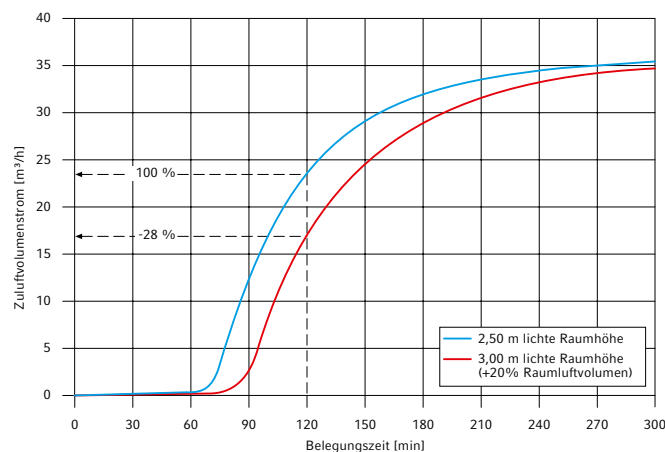
Die Beispiele veranschaulichen den Zusammenhang zwischen Belegungszeit und Belastung im Verhältnis zum Raumluftvolumen, solange man sich rechnerisch im instationären Bereich des CO₂-Anstieges befindet. Für eine bedarfsgerechte und projektorientierte Auslegung ist die Kenntnis über die Anzahl der Personen im Raum, deren Aktivität und Aufenthaltsdauer notwendig. Der Bauherr ist nach neuem Bauvertragsrecht verpflichtet, hierüber Auskunft zu erteilen bzw. dies mit dem Planer abzustimmen.

Die Verwendung der in Normen angegebenen Volumenströme ist hinsichtlich der zugrunde gelegten Randbedingungen zu überprüfen. So finden sich z.B. Angaben, die eine feste Raumhöhe von 2,50 m voraussetzen. In der Heizlastnorm DIN/TS 12831-1 [6, Abschn. 4.11] werden nur für Wohngebäude Standardwerte der Mindestluftwechselzahl empfohlen, die auch nur für eine Raumhöhe von 2,50 bis 3,00 m gelten. Bei gleicher Personenluft rate macht das einen Unterschied von fast 17 % im Volumenstrom aus. In allen anderen Fällen ist der Mindestluftwechsel nach Norm projektspezifisch zu ermitteln. Mit „MindLW“ kann man eine solche Berechnung durchführen und auch die errechnete Luftwechselzahl über die Zwischenablage in ein weiteres Rechenprogramm einsetzen.

Berücksichtigung der Gebäudeemissionen

Weitere Emissionen, welche durch einen Zuluftvolumenstrom abgeführt werden müssen, sind die Schadstoffe aus dem Gebäude selbst. Das sind nicht nur die Baustoffe, sondern auch die vom Nutzer eingebrachten Stoffe, wie z.B. Formaldehyd aus Lacken, Kosmetika, Möbel, usw. In der DIN EN 16798-1 wird der Volumenstrom für die Abfuhr der Gebäudeemissionen zum Volumenstrom für die Personen addiert. Da ein Volumenstrom beide Emissionsarten gleichzeitig abführt, ist diese lineare Addition fragwürdig. Deshalb bietet „MindLW“ die Möglichkeit, eine Maximalwertbildung zwischen Personen- und Gebäudeluftrate vorzunehmen

2 Einfluss des Raumluftvolumens



auf den Auslegungsvolumenstrom

oder auf eine logarithmische Addition auszuweichen.

Bei geringen Differenzen zwischen Personen- und Gebäudeluftrate bewirkt die logarithmische Addition eine Erhöhung im Gesamtvolumenstrom über das Maximum hinaus, wird aber nicht so hoch wie die lineare Addition. Bei großen Differenzen, z.B. durch eine hohe Personenanzahl, errechnet sich das Maximum als Gesamtvolumenstrom. Während der Nichtbelegungszeiten sollte der Lüftungsbetrieb auf geringer Stufe durchlaufen, um eine langfristige Ausdünnung der Schadstoffe aus den fest eingebauten Materialien zu verkürzen. Das hat nicht nur gesundheitliche Vorteile, sondern spielt auch bei einem späteren Verkauf des Gebäudes eine Rolle, wenn hierzu ein Schadstoffgutachten angefordert wird. Aus dem dauerhaften Volumenstrom während der Nichtbelegungszeiten resultiert zusammen mit der minimalen Personenluft rate von 14,4 m³/(h Pers.) ein Mindestwert, dessen Unterschreitung in „MindLW“ kenntlich gemacht wird.

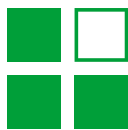
Literatur

- [1] www.cse-nadler.de
- [2] DIN EN 16798-1:2021-04: Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 1: Eingangsparmeter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftequalität, Temperatur, Licht und Akustik.
- [3] AMEV RLT-Anlagenbau 2018. Hinweise zur Planung und Ausführung von Raumluftechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude. Empfehlung Nr. 140. Stand: 26.06.2018. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV).
- [4] VDI 6040 Blatt 2:2015-09: Raumluftechnik – Schulen - Ausführungshinweise (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien).
- [5] Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I: Bildungseinrichtungen. Bundesgesundheitsblatt 2018 · 61:239–248. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2018
- [6] DIN/TS 12831-1:2020-04: Verfahren zur Berechnung der Raumheizlast – Teil 1: Nationale Ergänzungen zur DIN EN 12831-1

Der Beitrag wird in der nächsten Ausgabe fortgesetzt.

Das Softwaretool „MindLW 8“

Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen – Teil 2



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.

Dipl.-Ing. Norbert Nadler
CSE Nadler,
16515 Oranienburg,
www.cse-nadler.de

Feuchteschutzlüftung

Die Feuchteschutzlüftung hat die Aufgabe, raumseitige Schimmelpilzbildung an den Wärmebrücken zu vermeiden. Die Algorithmen hierfür sind in der DIN/TS 4108-8 [7, Anhang H] enthalten. Obwohl „MindLW“ die Summe der täglichen Andauer der Feuchtebelastung in min/d abfragt, handelt es sich um ein stationäres Berechnungsverfahren. Die Feuchtelast, die in dieser Zeit anfällt, wird auf den Tag verteilt. Zulässig ist dies, weil eine Schimmelpilzbildung erst nach einigen aufeinanderfolgenden Tagen mit gleichbleibender Feuchtebelastung eintritt. Ein zeitweises Überschreiten des kritischen Feuchtegehaltes an der Wärmebrücke kann daher in Kauf genommen werden, wenn in den anderen Zeiten eine Austrocknung erfolgt.

Soll der kritische Feuchtegehalt während der gesamten Belastungszeit nicht überschritten werden, muss der notwendige Zuluftvolumenstrom instationär ermittelt werden, z.B. zur Tauwasservermeidung. Ist die Belastungszeit jedoch so groß, dass ein stationärer Zustand erreicht wird, liefert MindLW auch hierfür die korrekten Ergebnisse.

Der Einfluss der Wärme- und/oder Feuchterückgewinnung auf den notwendigen Zuluftvolumenstrom kann in „MindLW“ durch die Eingabe der Rückwärme- bzw. Rückfeuchtezahl untersucht werden.

Weiterhin wird die Zuströmung aus einem Nachbarraum berücksichtigt, der je nach Feuchtegehalt auch eine Trocknung des betrachteten Raumes bewirken kann.

Fensterlüftung

Die Fensterlüftung gilt immer noch als Alternative zur ventilatorgestützten Lüftung und wird von manchen Richtlinien auch favorisiert bzw. in Erwägung gezogen. Neue Algorithmen für den Volumenstrom durch geöffnete Fenster sind ebenfalls in der DIN/TS 4108-8 [7, Anhang G] angegeben und wurden für den Fall der einseitigen Lüftung in „MindLW“ programmiert. Das Besondere an diesen Algorithmen ist, dass der thermisch induzierte zum windinduzierten Luftvolumenstrom vektoriell in einer Ebene addiert wird und als resultierender Volumenstrom der Betrag gebildet wird. Im Forschungsprojekt [8] wurde nachgewiesen, dass diese Algorithmen im Vergleich mit anderen die beste Übereinstimmung mit Messergebnissen lieferten.

In „MindLW“ erfolgt eine Ergänzung hinsichtlich der sich ändernden Raumlufttemperatur während einer relativ kurzen Öffnungszeit. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die raumseitigen Oberflächentemperaturen der Bauteile nicht ändern und der Raumlufttemperatur vor dem Lüften weitgehend entsprechen. Durch Verringerung der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen nimmt der thermisch induzierte Anteil ab.

Durch das große konvektive Potenzial im Raum wird auch nach einer kurzen Fensterlüftung die Raumlufttemperatur wieder schnell ansteigen. „MindLW“ berechnet für eine vorgebbare Zeit nach der Lüftung die sich einstellende Raumlufttemperatur. Dadurch kann z.B. für die Schullüftung beurteilt werden, ob die Fensterlüftung bei niedrigen Außenlufttemperaturen zumutbar ist.

Für einen gegebenen Soll-Volumenstrom berechnet MindLW die minimalen Öffnungszeiten. Dieser Summenwert ist bei der manuellen Fensterlüftung mehrmals auf den Tag zu verteilen. Für den Zweck der Feuchteschutzlüftung ist diese unterbrochene Lüftung aufgrund des Schimmelpilzkriteriums und der Feuchtepufferung in den Bauteilen möglich [9].

Die Ergebnisse sind auch geeignet, realistische Volumenströme für die Nachtlüftung beim sommerlichen Wärmeschutz zu erhalten.

Schullüftung

Neben der Forderung, dass 1.000 ppm mittlere CO₂-Konzentration während der Unterrichtszeit einzuhalten sind, geht aus den Kernbotschaften in [5] 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 bis 60 % genannt. Lüftungskonzepte sind raumweise für den Sommer- und Winterbetrieb getrennt zu erstellen. Mit „MindLW“ können diese Anforderungen rechnerisch untersucht und somit gegenüber den Behörden nachgewiesen werden.

Für die CO₂-Berechnung werden die CO₂-Emissionen der Personen benötigt, welche sich aus der Atemluft rate errechnen. Diese wiederum ist von Aktivität und Alter abhängig. In „MindLW“

Tabelle 1: Vergleich der Lüftung zum Feuchteschutz in m³/(h m²) nach DIN 1946-6 [12] mit dem Auslegungs-Außenluftvolumenstrom während Nichtbelegungszeiten von 0,36 bis 0,54 m³/(h m²) in Wohngebäuden nach DIN EN 16798-1 [2, Anhang B.3.2.5].

Fläche der NE in m ²		20	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250
DIN 1946-6:2019 Glg. (2)														
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz hoch	geringe Belegung	0.33	0.29	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14
	hohe Belegung	0.50	0.44	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.22
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz gering	geringe Belegung	0.50	0.44	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.22
	hohe Belegung	0.66	0.58	0.51	0.47	0.44	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.30	0.29

sind mehrere Quellen hierfür auswählbar. Die detailliertesten Angaben finden sich in den Standards zur Expositionsabschätzung [10], welche auch für Kitas benutzt werden könnten. Für die Schullüftung kann man auch die Angaben für zwei verschiedene Jahrgangsstufen aus der VDI 6040 Blatt 2 wählen.

Zur Prüfung, ob der angenommene CO₂-Ausgangszustand vor dem Unterricht in der Pause wiederhergestellt werden kann, setzt man für den geplanten Zuluftvolumenstrom im Reiter für die Simulation den CO₂-Wert am Anfang der Schulpause gleich dem Endwert der Unterrichtsstunde und die Aktivität auf Null. Gegebenenfalls ist die Auslegung mit einem höheren Anfangswert vor dem Unterricht zu wiederholen. Eine Fensterlüftung in der Pause sollte mit verschiedenen Außenluftzuständen untersucht werden.

Wohnungslüftung

Die DIN EN 16798-1 bietet im Anhang B auch die Möglichkeit, Außenluftvolumenströme für die Wohnungslüftung zu berechnen. Im Entwurf zum Nationalen Anhang dieser Norm DIN EN 16798-1/NA [11] wird jedoch für die Wohnungslüftung bis zu einer bestimmten Größe auf die DIN 1946-6 [12] verwiesen. Dem Einspruch [13], dass die nationalen Anhänge einer Euronorm die Struktur des normativen Anhanges A übernehmen müssen, wurde nicht stattgegeben. Eine vom DIN erwünschte schriftliche Stellungnahme, dass der Anhang A in der Euronorm nicht beachtet werden muss, blieb leider trotz mehrfacher Nachfrage unbeantwortet.

Die DIN 1946-6 scheitert schon an gefangenen Räumen oder mehreren nicht zusammenhängenden Fluren in einer Nutzungseinheit. Ebenso bei einer Zu-/Abluftanlage, wenn einige Räume der Nutzungseinheit Zu- und Abluftauslässe erhalten. Die markt-führenden 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 nur explizit bei der Kellerlüftung im informativen Anhang F behandelt. Es kann nicht sein, dass der Bauherr keine Information über die Raumluftqualität der geplanten Lüftungsanlage bekommt. Auch nicht darüber, ob eventuell ein höherer Volumenstrom zur Abfuhr von Feuchte oder Baustoffemissionen gegenüber der Hygienelüftung notwendig wäre. So ist z.B. besonders bei kleinen Wohnungen der notwendige Volumenstrom für die Feuchteschutzlüftung nach DIN/TS 4108-8 Anhang H größer als die Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 [9, Bild 4]. 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 und zur Verringerung der Luftfeuchte nach DIN EN 16798-1 größer, als die dauerhaft betriebene Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6. Die rot markierten Werte in Tabelle 1 für die flächenbezogene Lüftung zum Feuchteschutz unterschreiten die Werte nach DIN EN 16798-1. Eine Auslegung der Wohnungslüftung nach DIN 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.

Das Maximum aus der von „MindLW“ errechneten Hygiene- und Feuchteschutzlüftung ist in die „Excel“-Tabelle für die Lüftungszone raumweise zu übertragen. Hinzu kommen die Mindestanforderungen für Ablufträume aus dem Reiter AblAusl.

In einer weiteren Tabelle wird der planmäßige Luftströmungsweg durch die Lüftungszone festgelegt, wodurch sich je nach Lüftungssystem Überströmungsvolumenströme ergeben. Im Falle von Überströmungen mit bereits verbrauchter Luft aus anderen Räumen sind die Anforderungen des jeweiligen Einstromraumes zu beachten. Gegebenenfalls ist der Frischluftanteil zu erhöhen, wobei die Gleichzeitigkeit der Raumnutzung berücksichtigt werden sollte.

Literatur

- [7] DIN/TS 4108-8:2021-??: Wärme-schutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden
- [8] Knaus, C., Hartmann, T., et. al: Entwicklung von Handlungsempfehlungen für praxisgerechte Lüftungskonzepte und Entwicklung eines CO₂-Berechnungstools. Endbericht. Forschungsprogramm BBSR – Zukunft Bau. Aktenzeichen 10.08.17.7-17.24. Mai 2019.
- [9] Beike, M.; Nadler, N.: Lüftungskonzept mit Fensterlüftung. Planen mit der DIN SPEC 4108-8. Teil 1: tab 03/2020, S. 48-53, Teil 2: tab 04/2020, S. 42-49, Bauverlag BV GmbH.
- [10] 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.
- [11] DIN EN 16798-1/NA:2021-06 Entwurf: Nationaler Anhang – Nationale Ergänzungen und Hinweise zur Anwendung – Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik.
- [12] DIN 1946-6:2019-12: Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung.
- [13] www.tab.de/artikel/tab_Zum_Entwurf_der_DIN_EN_16798-1_NA_3661181.html. Stand September 2021.