

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>1</b>
<b>Allgemeines.....</b>	<b>2</b>
<b>Modellannahmen .....</b>	<b>3</b>
<b>Installation.....</b>	<b>4</b>
<b>Reiter HygAusl.....</b>	<b>5</b>
<b>Raumbeschreibung.....</b>	<b>5</b>
<b>Raumgeometrie .....</b>	<b>5</b>
<b>Personenluftrate.....</b>	<b>6</b>
<b>Gebäudeluftrate .....</b>	<b>7</b>
<b>Art der Addition .....</b>	<b>8</b>
<b>Schaltflächen .....</b>	<b>9</b>
<b>Ergebnisse.....</b>	<b>9</b>
<b>Reiter CO2Simu.....</b>	<b>10</b>
<b>Raumdaten .....</b>	<b>10</b>
<b>Personen- und CO2-Daten .....</b>	<b>10</b>
<b>Zuluftvolumenstrom.....</b>	<b>10</b>
<b>Ergebnisse.....</b>	<b>10</b>
<b>Schaltflächen .....</b>	<b>11</b>
<b>Reiter FeuAusl .....</b>	<b>11</b>
<b>Raumdaten .....</b>	<b>11</b>
<b>Außenparameter .....</b>	<b>11</b>
<b>Raumparameter .....</b>	<b>12</b>
<b>Nachbarraum .....</b>	<b>13</b>
<b>Zuluftzustand .....</b>	<b>14</b>
<b>Ergebnisse.....</b>	<b>14</b>
<b>Schaltflächen .....</b>	<b>15</b>
<b>Übergeordneter Dialog .....</b>	<b>15</b>
<b>Beispiele .....</b>	<b>16</b>
<b>Beispiel Wohnungslüftung für Wohnen/Essen/Küche .....</b>	<b>16</b>
<b>Beispiel Wohnungslüftung für Schlafzimmer .....</b>	<b>17</b>
<b>Beispiel Klassenraum .....</b>	<b>17</b>
<b>Beispiel Aula.....</b>	<b>19</b>
<b>Beispiel Wohnung im MFH .....</b>	<b>19</b>
<b>Beispiel KITA-Gruppenraum .....</b>	<b>21</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>21</b>
<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>22</b>

## Allgemeines

Das Programm MindLW berechnet den erforderlichen Zuluftvolumenstrom zur Abfuhr von Emissionen aus Gebäude und von Personen auf Basis der DIN EN 15251 [1]. Die Addition der Personen- und Gebäudeluftrate kann wahlweise linear, logarithmisch oder durch Maximalwertbildung erfolgen (s. DIN EN 15251 [1, S.34, 1. Absatz]). Voraussetzung ist, dass dieser Zuluftvolumenstrom kontinuierlich während einer vorgegebenen Betriebszeit vorhanden ist. Aus dem Zuluftvolumenstrom ergibt sich eine Mindestluftwechselzahl  $n$  für einen Raum, die in vielen anderen Programmen die Eingabegröße darstellt. Üblicherweise rechnet man mit  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ , jedoch ist die Mindestluftwechselzahl von einigen Parametern abhängig. Um eine projektbezogene Auslegung vorzunehmen, können mit MindLW diese Parameter berücksichtigt werden. Der Anwendungsbereich erstreckt sich über Wohn- und Nichtwohngebäude, z.B. auch auf Schulen, für die eine mittlere  $\text{CO}_2$ -Konzentration von der VDI 6040 [2] oder dem Umweltbundesamt [3] vorgegeben wird.

Ein häufiges Einsatzgebiet ist die Berechnung der Lüftungsheizlast. Durch paralleles Starten von MindLW und eines Heizlastprogramms kann die bedarfsorientierte Mindestluftwechselzahl über die Zwischenablage an die Heizlastberechnung übergeben werden.

Ist der notwendige Volumenstrom nicht realisierbar, z.B. durch die Geräteabstufungen oder bei der Wohnungslüftung nach DIN 1946-6 [4] durch die  $f_{\text{Rzu}}$ -Verteilung auf die einzelnen Räume der Nutzungseinheit (NE), kann im Register „CO2Simu“ die sich einstellende  $\text{CO}_2$ -Konzentration bei einem gegebenen Volumenstrom ermittelt werden.

Im Register „FeuAusl“ erfolgt eine Auslegung des notwendigen Volumenstroms nach der Feuchtebelastung im Raum. Hier gehen die Parameter Außenklima, Wärmedämmung ( $f_{\text{Rsi}}$ -Wert), Raumtemperatur und Feuchteproduktion ein.

Insgesamt dient MindLW durch die schnelle Parametervariation in einer Dialogmaske auch der Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Lüftungskonzeptes gemäß AMEV RLT-Anlagenbau 2018 [5].

Unterstützt wird die Dokumentation der Berechnung, indem die Daten über die Zwischenablage, z.B. an Microsoft Excel übertragen werden können.

Sämtliche Zahlen mit Nachkommastellen sind wahlweise mit Punkt oder Komma anzugeben. In einige Listboxfelder können vom Anwender auch Zahlen mit Text (getrennt durch mind. ein Leerzeichen, z.B. für die  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Raum: 1400 vereinbart) eingegeben werden. D.h., die in den Listboxen aufgeführten Vorschläge müssen nicht angenommen werden.

Personenluftrate, Gebäudeluftrate und Raucherlaubnis sind durch die Auswahl von „Keine“ in den entsprechenden Listboxen einzeln abwählbar.

MindLW besteht aus mehreren Registern, die unterschiedliche Berechnungsaufgaben beinhalten. Diese sind im einzelnen:

- |         |  |
|---------|--|
| HygAusl | Auslegung der Hygienelüftung im Raum nach CO <sub>2</sub> -Vorgabe für eine bestimmte Belegungszeit des Raumes. Alternativ bzw. zusätzlich nach einer mit dem Auftraggeber vereinbarten Volumenstrom-Kategorie gem. DIN EN 15251.  |
| CO2Simu | Simulation der CO <sub>2</sub> -Konzentration. Es wird der Endwert und der Mittelwert in Abhängigkeit von Personenzahl, Alter, Aktivität und Belegungszeit des Raumes berechnet. Damit kann die Auswirkung von abweichenden Randbedingungen bei der Auslegung auf die Raumlufthqualität (IAQ) ermittelt werden. Letztlich ist die IAQ die eigentliche Zielgröße, für die der Planer einzustehen hat. |
| FeuAusl | Auslegung der Feuchteschutzlüftung im Raum. Hier werden Außenklima, Wärmeschutz, Feuchtelast und Luftkonditionierung bei der Ermittlung des notwendigen Volumenstroms berücksichtigt.  |

## Modellannahmen

Für das hier beschriebene Modell zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumlufth werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Das in der Raumlufth befindliche CO<sub>2</sub> wird als chemisch stabiler Stoff betrachtet, d.h. es gibt keine chemischen Reaktionen, die CO<sub>2</sub> produzieren oder umwandeln.
- Es gibt keine Adsorption (Anlagerung) von CO<sub>2</sub> an Oberflächen wie z.B. den Wänden oder dem Mobiliar des Raums.
- Die Raumlufth wird als vollständig durchmischt angenommen, d.h. die CO<sub>2</sub>-Konzentration hat überall im Raum den gleichen Wert. Die Konzentration kann somit durch eine einzige Zahl für den ganzen Raum angegeben werden. Sie kann sich aber im Verlauf der Zeit ändern.
- CO<sub>2</sub> ist ein Indikator für anthropogene Emissionen. Dazu zählen nicht Gerüche, die in Toilettenräumen oder Küchen entstehen. Hierfür gibt es außerhalb von MindLW separate Empfehlungen.
- Die CO<sub>2</sub>-Abgabe einer Personen errechnet sich aus ihrer Atemrate. Die in MindLW hinterlegten Werte der Atemrate wurde einer nachvollziehbaren Literaturquelle von deutschen Behörden entnommen. Auf Empfehlung des Niedersächsischen Landesgesundheitsamtes sind dies die Standards zur Expositionsabschätzung AUH 1995 [6]. Es sei darauf hingewiesen, dass die Herkunft der in der VDI 6040 verwendeten Atemrate nicht angegeben ist.
- Es könnten sich hohe Volumenströme ergeben, die im Winter zu einer zu trockenen Raumlufth führen. Dies sollte durch entsprechende Maßnahmen, z.B. durch eine zusätzlich Feuchteregelung, verhindert werden. Denkbar ist auch eine Reduzierung der Auslegungsvolumenströme zu Lasten der Raumlufthqualität. Dies ist aber mit dem Bauherrn zu vereinbaren.

Für das hier beschriebene Modell zur Berechnung der Feuchteabfuhr aus der Raumluft werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Das Berechnungsverfahren basiert auf der DIN/TS 4108-8 [7, Anh. H].
- Es handelt sich um ein stationäres Verfahren, welches die zeitweise auftretende Adsorption und Desorption der Feuchte an den Bauteiloberflächen und Möbeln nicht berücksichtigt. Aus den eingegebenen Daten wird eine mittlere Feuchtelast in g/h am Tag ermittelt, aus der sich der notwendige Volumenstrom errechnet.
- Da tatsächlich aber eine Feuchtepufferung im Raum i.d.R. vorhanden ist, kann die Lüftung auch diskontinuierlich erfolgen, z.B. mehrmals am Tag über eine kurze manuelle Fensterlüftung, die aber ausreichend ist, den Feuchtespeicher zu entleeren. Im Mittel muss mindestens der notwendige Volumenstrom eingehalten werden.
- Ist eine Feuchtepufferung im Raum nicht oder nur gering vorhanden, ist das für die Schimmelpilzbildung erst riskant, wenn die Feuchtebelastung 5 aufeinander folgende Tage mit mindestens 12 h/d anhält (s. DIN/TS 4108-8).
- Spitzenfeuchtelasten in Wohnungen, wie etwa Kochen, Duschen und Waschen, sind nicht einzurechnen, da sie nach BGH-Urteil und DIN/TS 4108-8 sofort abzuführen sind, z.B. durch zusätzliches Öffnen der Fenster. Dagegen sollte freies Wäschetrocknen auf Wäscheständern in der NE berücksichtigt werden, da diese Feuchtelast über viele Stunden anhält.
- Der errechnete notwendige Volumenstrom stellt einen Mindestwert dar, der für die Dimensionierung einer Lüftung aufzurunden ist. Außerdem ist die Berücksichtigung einer Lüftungseffektivität nicht enthalten.

Man unterscheidet bei der Ermittlung der notwendigen Lüftung zwischen einer volumenstrombasierten und einer schadstoffbasierten Auslegung.

Bei der volumenstrombasierten Auslegung wird ein pauschaler Volumenstrom vorgegeben, der für einige Standard-Anwendungsfälle ausreichend ist. Mit einer Abstufung in Kategorien hat man die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Raumluftqualitätsklassen zu wählen. Der Vorteil bei dieser Auslegung ist, dass sie einfach zu handhaben ist. Der Nachteil ist, dass sie nicht projektbezogen dem Bedarf angepasst wird. Es wird i.a. nicht geprüft, ob die Randbedingungen der Standard-Anwendungsfälle für das vorliegende Projekt zutreffend sind. Daher ist die sich einstellende Raumluftqualität bei den vorgegebenen Volumenströmen u.U. unbekannt.

Die schadstoffbasierte Auslegung der Lüftung ist aufwendiger zu berechnen. Man gibt aber die gewünschte Raumluftqualität quantitativ vor und kann auch für besondere Projektanforderungen dem Bedarf angepasst planen. Außerdem kann nur bei dieser Auslegungsart die von der AMEV geforderte Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Lüftungskonzeptes erfolgen. Z.B. durch Untersuchung verschiedener Betriebszustände.

## Installation

MindLW.zip wird einfach in ein beliebiges Verzeichnis entpackt und kann sofort durch Aufruf von MindLW.exe gestartet werden. Eine Eintrag in die Windows-Registrierung oder

in ein anderes Verzeichnis erfolgt nicht. Das angelegte Verzeichnis kann mit dem Windows-Explorer gelöscht werden.

## Reiter HygAusl

Unter dem Reiter HygAusl befindet sich der Dialog zur Auslegung einer Hygienelüftung.

### Raumbeschreibung

Für die Berechnung sind diese Angaben nicht notwendig. Möchten Sie jedoch über <Alles Kopieren> die Daten zur Dokumentation ablegen, ist die Angabe sinnvoll.

Raumnummer:	Beliebiger Text. Maximal 20 Zeichen
Raumbezeichnung:	Beliebiger Text. Maximal 20 Zeichen

### Raumgeometrie

Für die Ermittlung der Fußbodenfläche und des Raumluftvolumens sind die lichten Maße einzutragen.

Länge:	lichte Raumlänge in m.
Breite:	lichte Raumbreite in m.
Höhe:	lichte Raumhöhe in m.
Möblierung:	Möblierungsgrad in % (Vorschlag 20 %).

Ist die Raumfläche bereits aus der Architektenzeichnung entnehmbar, so kann man auch für Länge = 1 und für Breite = Raumfläche angeben.

Der Möblierungsgrad gibt an, wieviel Prozent des Raumvolumens von der Möblierung eingenommen wird. Hierzu zählen auch Schränke, deren eingeschlossenes Luftvolumen nicht am Luftaustausch teilnimmt. Mit zunehmenden Möblierungsgrad wird das für den Luftaustausch vorhandene Raumluftvolumen immer kleiner. Bei einem erforderlichen Gesamt-Volumenstrom für Personen und Gebäude muss dadurch die Mindestluftwechselzahl  $n$  entsprechend größer gewählt werden.

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{1}{1 - \text{Mö}}$$

Beispiel: Der Möblierungsgrad betrage 20 %. Dann erhöht sich die Mindestluftwechselzahl auf

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{1}{1 - 0,2} = n_1 \cdot 1,25$$

D.h., die Mindestluftwechselzahl muss 25 % größer gewählt werden.

Das berechnete Raumluftvolumen berücksichtigt den Möblierungsgrad.

## Personenlufrate

Die Personenlufrate errechnet sich aus der Differenz des CO<sub>2</sub>-Gehaltes zwischen innen und außen. Hintergrund ist die Aussage von Max von Pettenkofer (1818-1901), dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt ein Indikator für die menschlichen Ausdünstungen ist. Einige DIN-Normen und VDI-Richtlinien geben Obergrenzen für den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Raumluft an.

Anzahl der Personen:	Durchschnittliche Anzahl der im Raum anwesenden Personen während der Belegungszeit.
Belegungsfläche*):	Ist die Anzahl der Personen nicht bekannt, kann mit der Belegungsfläche in m <sup>2</sup> Fußbodenfläche/Person eine Abschätzung erfolgen. <b>Der sich ergebende Wert aus der Belegungsfläche wird zu der Anzahl der Personen addiert!</b>
Alter der Personen:	Alter in Jahren. Hierdurch ist es auch möglich, Berechnungen für Kindertagesstätten und Schulen vorzunehmen.
Aktivität:	Aktivitätsgrad. Hierdurch ist es auch möglich, Berechnungen für Sportstätten vorzunehmen. Die Kategorien der DIN EN 15251 gehen nur von der Aktivität „Ruhe“ aus.
CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Zuluft*):	In der Regel entspricht der CO <sub>2</sub> -Gehalt der Zuluft dem der Außenluft. Seit Beginn der Industrialisierung ist die CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Außenluft von etwa 280 ppm auf knapp 400 ppm im Jahr 2013 gestiegen. Zurzeit steigt die CO <sub>2</sub> -Konzentration um etwa 1,9 ppm pro Jahr an (UBA, 2015). Der CO <sub>2</sub> -Gehalt steigt selbst in großen Höhenlagen mit den Jahren an (s. Mauna Loa-Kurve, 3397 m). In der Heizperiode liegt die CO <sub>2</sub> -Konzentration im Mittel um gut 10 ppm höher als außerhalb der Heizperiode. Je nach Verschmutzung der Gebäudeumgebung ist hier der CO <sub>2</sub> -Gehalt in ppm einzutragen. Hinzu kommen CO <sub>2</sub> -Emissionen in verkehrsreichen Gegenden. Je höher der eingetragene Wert ist, desto mehr Volumenstrom wird benötigt. Es ist aber zu bedenken, dass mit einem höheren Volumenstrom auch mehr giftige Gase (NO <sub>2</sub> ) und Feinstaub in den Raum strömt, sofern die Emissionsquelle vom Straßenverkehr herrührt und keine entsprechenden Luftfilter eingebaut werden.

CO <sub>2</sub> -Auslegungskonzentration <sup>*)</sup> :	CO <sub>2</sub> -Gehalt in der Raumluft in ppm am Ende der Belegungszeit zur Bestimmung der Personenlufrate.
CO <sub>2</sub> -Anfangskonzentr. Raumluft <sup>*)</sup> :	CO <sub>2</sub> -Anfangskonzentration in der Raumluft in ppm. Wenn der Raum vor der Belegung gut durchlüftet wird, kann man die CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Außenluft annehmen.
Belegungszeit im Raum <sup>*)</sup> :	Zeit in min, in der der Raum durchgehend von Personen belegt ist.
Personenlufrate errechnet:	Aus den vorstehenden Angaben wird durch Drücken auf <Berechnen> eine Personenlufrate in m <sup>3</sup> /(h Person) errechnet und angezeigt.
Personenlufrate gewählt <sup>*)</sup> :	Wird in das Optionsfeld ein Haken gesetzt, übernimmt das Programm den zuvor errechneten Wert für die weitere Berechnung. Ohne Haken kann eine Personenlufrate nach den Kategorien der DIN EN 15251 Anh. B ausgewählt werden. Will man ohne Personenlufrate auslegen (z.B. wenn keine Personen da sind), darf im Optionsfeld kein Haken gesetzt sein. Dann kann man in der Listbox „Keine“ auswählen.
Prozentsatz der Unzufriedenen:	Hier wird der erwartete Prozentsatz der Unzufriedenen Erwachsenen in Ruhe (PPD-Wert) mit der gewählten Personenlufrate angezeigt. Den Kategorien der DIN EN 15251 sind PPD-Werte zugeordnet und sollten mit dem Auftraggeber vereinbart werden.

<sup>\*)</sup> Hier kann ein vorhandener Vorschlagswert durch Mausklick ausgewählt werden oder es wird ein Wert selber eingetragen. Hinter der Zahl kann nach einem Leerzeichen ein Text eingegeben werden, z.B. bei der Belegungsfläche: „15.5 Chefzimmer“.

Wird der stationäre Zustand durch eine kurze Belegungszeit noch nicht erreicht, ist der Volumenstrom für die Personen ungleich dem Produkt  
„Anzahl Personen \* Personenlufrate“!

## Gebäudeluftrate

Neben der Personenlufrate können sich noch weitere Anforderungen aus dem Gebäude selbst ergeben. Die Anforderungen sind in der DIN EN 15251 definiert. Aus Personenlufrate, Gebäudeluftrate und Raucherlaubnis errechnet sich der erforderliche Gesamt-Volumenstrom für den Raum. Möchte man unabhängig von der Personenlufrate auslegen, ist in der Listbox ->Personenlufrate gewählt „Keine“ anzuklicken. Möchte man

nur nach der Personenlufrate auslegen, ist in der Listbox ->Gebäudelufrate „Keine“ und in ->Raucherlaubnis „Keine“ auszuwählen.

Gebäudeemissionen:	Hier wird ausgewählt, wie schadstoffarm das Gebäude ist (s. DIN EN 15251 Anh. C). Ein wesentliches Merkmal ist die Auswahl der Fußbodenbeläge und deren Kleber sowie die Reinigungsmittel. Räume mit Kopiergeräten oder Laserdruckern sind als „Nicht schadstoffarm“ einzustufen. Es empfiehlt sich, solche Geräte in separaten Räumen aufzustellen.
Gebäudelufrate*):	Für die Gebäudelufrate in $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ lassen sich nach DIN EN 15251 drei Kategorien abhängig von den Gebäudeemissionen auswählen.
Raucherlaubnis*):	Für die Raucherlaubnis gibt die Norm einen Zuschlag in $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$ abhängig von der gewählten Kategorie an.

\*) Hier kann ein vorhandener Vorschlagswert durch Mausklick ausgewählt werden oder es wird ein Wert selber eingetragen. Hinter der Zahl kann nach einem Leerzeichen ein Text eingegeben werden, z.B. bei der Gebäudelufrate: „3.0 vereinbart“.

## Art der Addition

Der Volumenstrom für die Personen führt auch die Gebäudeemissionen ab. Daher müsste man das Maximum aus beiden Volumenströmen nehmen, um den Gesamtvolumenstrom zu errechnen. Da das Verfahren in der DIN EN 15251 auf der Geruchsempfindung basiert, gibt es für die Zusammenführung beider Volumenströme noch keine einheitliche Regelung. Die DIN EN 15251 [1, S.34, 1. Absatz] macht selbst unterschiedliche Vorschläge für die Ermittlung des Gesamtvolumenstroms:

- Mit linearer Addition. Beide Volumenströme werden einfach addiert.
- Mit Maximalwertbildung zwischen beiden Volumenströme.
- Mittelwert zwischen dem höchsten und dem Wert aus der linearen Addition.

Zitat: „Bestehen keine nationalen Regelungen, muss der Planer seine eigene Entscheidung treffen und diese protokollieren.“

In MindLW wird eine weitere Methode angeboten, die gemäß dem Gesetz von Fechner folgend analog der logarithmischen Addition zweier Empfindungen (wie beim Schall) die logarithmische Addition der Volumenströme vorsieht. Es gibt daher in MindLW die Optionen:

Auswahl	Beschreibung
lin Linear	Beide Volumenströme werden linear addiert.
log Logarithmisch	Beide Volumenströme werden logarithmisch addiert.



max Maximum	Es wird das Maximum beider Volumenströme verwendet
-------------	--

## Schaltflächen

Folgende Schaltflächen stehen im Reiter HygAusl zur Verfügung:

Schaltfläche	Taste	Erklärung
<u>B</u> erechnen	Alt b	Führt eine Berechnung durch.
<u>n</u> Kopieren	Alt n	Kopiert die Mindestluftwechselzahl n in die Zwischenablage. Wenn Sie anschließend auf das Eingabefeld eines anderen Programms -z.B. ein Heizlastprogramm- gehen, können Sie diesen Wert mit <Strg> <v> dort einfügen.
Alles <u>k</u> opieren	Alt k	Kopiert die Daten der Eingabemaske in die Zwischenablage. Mit der Vorlagendatei ExcelVorlage.xls können Sie die Daten zur Dokumentation zeilenweise einsetzen. Hierzu drücken Sie <Alles kopieren> und positionieren den Cursor in die linke erste Spalte unterhalb der Tabellenüberschrift in Excel-Vorlage.xls Reiter HygAusl. Drücken Sie <Strg> <v> und die Daten werden in das Tabellenblatt eingefügt. <b>Bedingung für ein korrektes Einfügen ist, dass in Excel unter den Menüpunkten &lt;Extras&gt; &lt;Optionen&gt; und der Registerkarte &lt;International&gt; das Dezimaltrennzeichen auf „.“ (Punkt, nicht Komma) steht und Trennzeichen vom Betriebssystem übernehmen ausgewählt oder bei manchen Excel-Versionen auf Leerzeichen gesetzt wurde.</b>

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnung werden in blau dargestellt.

Fußbodenfläche:	Die Fußbodenfläche in m <sup>2</sup> , wie sie sich aus Länge*Breite ergibt. Die Gebäudeluftrate und die Raucherlaubnis sind auf diese Fläche bezogen.
Raumluftvolumen:	Das Luftvolumen des Raumes in m <sup>3</sup> , welches für die Belüftung zur Verfügung steht. D.h., unter Berücksichtigung der Möblierung.
Anzahl Personen:	Die gesamte Personenanzahl errechnet sich aus der eingegebenen Anzahl der Personen + Personenanzahl aus der Belegungsfläche.
Volumenstrom für Personen:	Das ist der Volumenstrom in m <sup>3</sup> /h, der sich aus der „Personenluftrate gewählt“ ergibt.
Volumenstrom für Gebäude:	Das ist der Volumenstrom in m <sup>3</sup> /h, der sich aus der „Gebäudeluftrate“ + „Raucherlaubnis“ ergibt.
Volumenstrom gesamt:	Das ist der Volumenstrom in m <sup>3</sup> /h, der sich aus der gewählten Additionsart der vorgenannten Volumenströme ergibt.

Mindestluftwechselzahl n:	Das ist die Mindestluftwechselzahl in 1/h (Ach), die für die weitere Berechnung -z.B. für die Lüftungsheizlast- benötigt wird. Sie wird auch für die Beurteilung möglicher Zuglufterscheinungen benutzt.
Mittel/Max CO <sub>2</sub> -Konzentration:	Von einigen Richtlinien wird nicht ein Maximalwert der CO <sub>2</sub> -Konzentration, sondern der Mittelwert während der Belegungszeit gefordert. Will man z.B. 1000 ppm als Mittelwert erreichen, kann man für den Auslegungswert einen höheren Wert wählen. Der Maximalwert ist gleichzeitig der Endwert am Ende der Belegungszeit. Mittel- und Maximalwert werden mit dem Gesamtvolumenstrom berechnet.

## Reiter CO<sub>2</sub>Simu

Die Simulation der CO<sub>2</sub>-Konzentration hat den Zweck, die Innenraumluftqualität (IAQ) für eine gegebene Belastung und installiertem Volumenstrom zu ermitteln. Variationen der Belastung geben Auskunft über das zu erwartende Betriebsverhalten.

### Raumdaten

Diese Daten werden aus dem Reiter HygAusl übernommen und nur zur Information angezeigt. Raumbeschreibung und Raumgeometrie müssen somit nicht nochmals eingegeben werden.

### Personen- und CO<sub>2</sub>-Daten

Diese Eingaben sind wie im Reiter HygAusl vorzunehmen. Hier kann z.B. bei abweichenden Belastungen gegenüber der Auslegung die Auswirkung auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration untersucht werden.

### Zuluftvolumenstrom

Die Berechnung erfolgt für den hier angegebenen Zuluftvolumenstrom in m<sup>3</sup>/h. Dieser kann der vom Lüftungsgerät gelieferte oder ein errechneter Zuluftvolumenstrom in den Raum, z.B. nach DIN 1946-6, sein.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnung werden in blau dargestellt.

CO <sub>2</sub> -Endkonzentration Raumluf:	Die sich einstellende CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Raumluf bei gegebener Belastung und Volumenstrom am Ende der Belegungszeit.
CO <sub>2</sub> -Mittelkonzentration Raumluf:	Die sich einstellende mittlere CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Raumluf bei gegebener Belastung und Volumenstrom während der Belegungszeit.
Luftwechselrate:	Die Rate mit der die Raumluf je Stunde ausgetauscht wird. Bei zu hoher Luftwechselrate kann es zu Zugerscheinungen kommen. Bei

	niedrigen Außenlufttemperaturen ist die Außenluft sehr trocken und es kann sich eine zu trockene Raumluft ergeben.
Personenlufrate:	Über den eingegebenen Zuluftvolumenstrom und der Anzahl der Personen wird die Personenlufrate errechnet, die dem Vergleich mit Angaben in Normen und Richtlinien dient.
Prozentsatz der Unzufriedenen:	Ergänzend zur Personenlufrate wird der erwartete Prozentsatz der Unzufriedenen Erwachsenen in Ruhe (PPD-Wert) angezeigt. Damit kann mit den Kategorien der DIN EN 15251 verglichen werden.

## Schaltflächen

Folgende Schaltflächen stehen im Reiter CO2Simu zur Verfügung:

Schaltfläche	Taste	Erklärung
Berechnen	Alt b	Führt die Berechnung der CO <sub>2</sub> -Simulation durch.

## Reiter FeuAusl

Mit diesem Dialog kann eine Auslegung des Volumenstroms nur für die Abfuhr der Feuchtelast erfolgen (Feuchteschutzlüftung). Die Berechnung erfolgt nach DIN/TS 4108-8 Anhang H anhand physikalischer Parameter in einem Raum. Durch Variation der Eingabedaten wird deren Einfluss auf den notwendigen Volumenstrom untersucht.

## Raumdaten

Diese Daten werden aus dem Reiter HygAusl übernommen und nur zur Information angezeigt. Raumbeschreibung und Raumgeometrie müssen somit nicht nochmals eingegeben werden.

## Außenparameter

Mit den Außenparametern wird das für die Berechnung zugrundegelegte Außenklima definiert.

außenseitige Temperatur:	I.d.R. die Außentemperatur. Aber z.B. auch die Erdreichtemperatur im Kellerraum oder die Temperatur im Treppenhaus.
relative Außenluftfeuchte:	Die relative Außenluftfeuchte hat einen maßgeblichen Einfluss auf den notwendigen Volumenstrom für die Feuchteschutzlüftung. Je feuchter die Außenluft ist, desto größer muss der Volumenstrom sein. Für eine Auslegung nach dem worst case empfiehlt sich einen hohen Wert zu nehmen.

Höhenlage:	Diese Angabe ist besonders für Orte in großer Höhe vorgesehen. Der Luftdruck nimmt mit der Höhe ab und wird für die h,x-Berechnung benötigt. Wird hier ein Wert eingetragen und der Radio-Button gedrückt, ergibt sich der Luftdruck aus der internationalen Höhenformel.
Luftdruck :	Alternativ kann der Luftdruck auch direkt eingegeben werden. Hierzu ist der zugehörige Radio-Button zu drücken.

## Raumparameter

Diese Parameter beziehen sich nur auf den zu berechnenden Raum.

fRsi:	Mit diesem dimensionslosen Temperaturfaktor wird der Wärmeschutz an der ungünstigsten Wärmebrücke im Raum beschrieben. Nach DIN 4108-2 muss fRsi mindestens 0,70 betragen. Ist ein Fenster im Raum vorhanden, wird man kaum über 0,80 kommen. Für Neubauten ist damit der mögliche Bereich eingegrenzt. Für Altbauten kann der Wert auf bis zu 0,42 heruntergehen. Nach DIN 1946-6 gilt für den Fall Wärmeschutz hoch fRsi = 0,72 und Wärmeschutz gering fRsi = 0,59. Anstelle einer Wärmebrücke nach außen könnte auch ein Wert an der Vorlaufeinführung einer Kühldecke eingetragen werden, um z.B. eine Taupunktunterschreitung zu vermeiden.
raumseitige Temperatur:	Bei der Innentemperatur wird nicht zwischen Raumluft- und Strahlungstemperatur unterschieden. Hier sollte ein Betriebswert in der üblichen Nutzung der Räume eingetragen werden. Z.B. im Schlafzimmer 16 °C, da hier meistens der Heizkörper abgestellt wird.
relative kritische Bauteilfeuchte:	100 % Vermeidung von Tauwasserbildung 80 % für Schimmelpilzvermeidung 70 % für bestimmte Pilzarten 60 % für materialspez.Korrosionsvorgänge
<b>Feuchteproduktion</b>	Die Feuchteproduktion wird unterteilt in personenbezogen, flächenbezogen und individuell. Alle Einzelfeuchtelasten werden in MindLW addiert.

Summe tägliche Andauer:	Die nachfolgenden Feuchtelasten werden mit der Andauer anteilig auf den Tag verteilt. Treten die gleichen Feuchtelasten mehrmals am Tag auf, ist hier eine Summe dieser Zeiten einzutragen. Sind in verschiedenen Zeiträumen die Feuchtelasten unterschiedlich, so ist für jeden Zeitraum mit gleicher Feuchtelast ein VolFL zu berechnen und zu addieren.
Anzahl Personen:	Für die Feuchteabgabe von Personen wird die Personenanzahl benötigt.
personenbezogen:	Hier wird eine Auswahl getroffen, die sich auf ein Person bezieht. Die Feuchteabgabe errechnet sich aus der VDI 2078 entsprechend der gewählten Aktivität. Wäschetrocknen und Abtrocknen im Bad ist ebenfalls eine personenbezogene Feuchtelast.
Fußbodenfläche der NE:	Für die nachfolgende flächenbezogene Feuchtelast wird manche Auswahlmöglichkeiten die Fußbodenfläche der gesamten Nutzungseinheit (NE) benötigt.
flächenbezogen:	In dieser Listbox werden Flächenwerte aus verschiedenen Normen angeboten.
individuell:	Ist die Feuchtelast aus anderen Literaturquellen oder Messungen bekannt, kann hier der Wert in g/h eingetragen werden.
<Beispiele>	Der Button <Beispiele> ruft einen weiteren Dialog auf, mit dem verschiedene Einzelfeuchtelasten durch Anklicken wahlweise ausgewählt werden können. Die Summe der angeklickten Zeilen wird in das Feld „individuell“ übernommen. Die Werte stammen aus der DIN/TS 4108-8. Für die Personenhaushalte sind die kompletten Szenarien eines Tages und einer Wohnung enthalten. Die „Summe tägliche Andauer“ muss bei dieser Auswahl auf 1440 min/d gesetzt werden. Das Ergebnis VolFL bezieht sich dann auch auf die gesamte Wohnung und nicht nur auf den Raum in Raumdaten.

## Nachbarraum

Durch Überströmung aus einem Nachbarraum kann eine weitere Feuchtebelastung auftreten. Je nach Feuchtegehalt des Volumenstroms kann auch eine Feuchteentlastung

(Trocknung) im betrachteten Raum erfolgen. Hier sollte man also auch die Gleichzeitigkeit der Raumnutzung beachten. Strömt z.B. Abluft aus einem unbelegten Schlafzimmer in ein voll belegtes Wohnzimmer kann dies zu einer Trocknung führen, wodurch die tägliche mittlere Feuchtebelastung negativ wird. Als VolFL ergibt sich dabei 0 m³/h.

Mit den 3 selbsterklärenden Parametern ist auch eine Untersuchung über die Folgen einer Überströmung von einem kälteren in einen wärmeren Raum möglich.

## Zuluftzustand

Ein vom Abluftzustand abweichender Zuluftzustand erhält man, wenn die Außenluft durch ein Wärme- und/oder Feuchteübertrager konditioniert wird. Rückwärme- und/oder Rückfeuchtezahl sind dabei die kennzeichnenden Merkmale des Gerätes. Zur Berechnung des Zuluftzustandes wird außerdem der Abluftzustand aus den belüfteten Räumen der Nutzungseinheit – bei einem Zentralgerät – bzw. aus dem betrachteten Raum – bei einem dezentralen Einzelraumgerät – benötigt.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnung werden in rot dargestellt.

absoluter Außenluftfeuchtegehalt:	Dieser ergibt sich aus den angegebenen Außenparametern.
Sättigungsfeuchtegehalt:	Zum Vergleich ist auch der Sättigungsfeuchtegehalt angegeben, der nicht überschritten werden darf.
Zulufttemperatur im Raum:	Ist die Rückwärmezahl > 0 % unterscheidet sich die Zulufttemperatur von der außenseitigen Temperatur.
Zuluftfeuchtegehalt im Raum:	Ist die Rückfeuchtezahl > 0 % unterscheidet sich der Zuluftfeuchtegehalt vom absoluten Außenluftfeuchtegehalt. Je nach Feuchteverhältnissen zwischen Zuluft und Außenluft ist auch eine Trocknung durch den Feuchteübertrager möglich, wodurch VolFL geringer wird.
tägliche mittlere Feuchtelast:	Diese errechnet sich aus den Angaben zur Feuchteproduktion und dem Feuchteübertrag aus dem Nachbarraum. Sie stellt eine mittlere Dauerbelastung am Tag dar.
raumseitige Oberflächentemperatur:	Die raumseitige Oberflächentemperatur ist eine stationäre Temperatur an der ungünstigsten Wärmebrücke im Raum, welche durch die Wahl des fRsi-Wertes gegeben ist.
kritischer Feuchtegehalt:	Der kritische Feuchtegehalt darf nicht überschritten werden. Ansonsten wird die

	relative kritische Bauteilfeuchte überschritten. Dieser absolute Feuchtegehalt gilt an der Bauteiloberfläche als auch in der Raumluft.
relative kritische Raumluftfeuchte:	Sie stellt eine Info für ein Messgerät dar, welches die relative Raumluftfeuchte anzeigt. Da die relative Feuchte temperaturabhängig ist, ist sie nicht für eine Feuchterege- lung, z.B. zur Schimmelpilzver- meidung, geeignet! Entscheidend ist nur der absolute Feuchtegehalt im Raum, der $\leq$ dem kritischen Feuchtegehalt sein muss.
notwendiger Volumenstrom VolFL:	Dieser Luftvolumenstrom ist zum Erhalt des kritischen Feuchtegehaltes notwendig. <b>Er stellt somit eine Mindestanforderung dar, damit die relative kritische Bauteil- feuchte nicht überschritten wird.</b> Für die Auslegung einer Feuchteschutzlüftung sollte daher ein etwas höherer Wert, je nach Geräteabstufung oder Fensteröffnungs- weite, gewählt werden.

## Schaltflächen

Folgende Schaltflächen stehen im Reiter FeuAusl zur Verfügung:

Schaltfläche	Taste	Erklärung
<u>B</u> erechnen	Alt b	Führt die Berechnung der Feuchteschutzauslegung durch.
<u>V</u> oFL kopieren	Alt v	Kopiert den notwendigen Volumenstrom für die Feuchte- schutzlüftung VolFL in die Zwischenablage, z.B. zur Weiterverarbeitung in einem anderen Programm.
Alles <u>k</u> opieren	Alt k	Kopiert die Daten der Eingabemaske in die Zwischenablage. Mit der Vorlagendatei ExcelVorlage.xls können Sie die Daten zur Dokumentation zeilenweise einsetzen. Hierzu drücken Sie <Alles kopieren> und positionieren den Cursor in die linke erste Spalte unterhalb der Tabellenüberschrift in ExcelVorlage.xls Reiter FeuAusl. Drücken Sie <Strg> <v> und die Daten werden in das Tabellenblatt eingefügt. <b>Bedingung für ein korrektes Einfügen ist</b> , dass in Excel unter den Menüpunkten <Extras> <Optionen> und der Registerkarte <International> das Dezimaltrennzeichen auf „.“ (Punkt, nicht Komma) steht und Trennzeichen vom Betriebssystem übernehmen abgewählt oder bei manchen Excel-Versionen auf Leerzeichen gesetzt wurde.

## Übergeordneter Dialog

Der übergeordnete Dialog enthält nur Schalter zur Programmsteuerung, Versionsinfo und Hilfe.

Schaltfläche	Erklärung
OK	Beendet die Sitzung. Es erfolgt noch eine Abfrage, ob die Eingabedaten gespeichert werden sollen.
Abbrechen	Bricht die Sitzung ab.
Öffnen	Hier können zuvor abgespeicherte Eingabedaten geladen werden.
Speichern	Die Eingabedaten werden als Vorlage für einen späteren Programmaufruf gespeichert und durch <Öffnen> wieder angezeigt. Es muss die Dateinamenerweiterung .INI eingegeben werden.
Info	Gibt Informationen über Version, Autor und Kopierrechte an.
Hilfe	Ruft diese Hilfe auf.

## Beispiele

Einige Beispiele sollen die Anwendungsmöglichkeiten verdeutlichen.

### Beispiel Wohnungslüftung für Wohnen/Essen/Küche

In einem Einfamilienhaus ist der Bereich Wohnen/Essen/Küche mit 56,4 m<sup>2</sup> Fläche in einem Raumlufverbund zusammengelegt. Die DIN 1946-6 unterscheidet bei der Zuluftermittlung über den  $f_{Rzu}$ -Faktor nur zwischen Wohnzimmer und Esszimmer. Für den Abluftraum Küche wird eine volumenstrombasierte Vorgabe von 40 m<sup>3</sup>/h gemacht. Nach DIN 1946-6 geht man also von 3 getrennten Räumen aus, was nicht der Fall ist.

Es empfiehlt sich, mit MindLW den zusammengelegten Bereich als ein Raum zu betrachten, in dem sich alle Nutzer eine Zeit lang gleichzeitig ununterbrochen aufhalten. Unter den restlichen Annahmen der DIN 1946-6, z.B. keine Berücksichtigung der Schadstoffe aus dem Gebäude, ergibt sich:

MindLW 6 - Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen

HygAusl | CO2Simu | FeuAusl

Raumbeschreibung  
Raumnummer: 01 Raumbezeichnung: Wohnen/Essen/Küche

Raumgeometrie  
Länge: 1.00 [m] Breite: 56.40 [m] Höhe: 2.59 [m] Möblierung: 20.0 [%]

Personenlufrate  
Anzahl der Personen: 4.0 [-]  
Belegungsfläche: Keine [m²/Pers]  
Alter der Personen: >= 15 [Jahre]  
Aktivität: Ruhe [-]  
CO2-Konzentration Zuluft: 450 normale Aul [ppm]  
CO2-Auslegungskonzentration: 1250 [ppm]  
CO2-Anfangskonzentr. Raumluf: 450 durchlüftet [ppm]  
Belegungszeit im Raum: 180 [min]  
Personenlufrate errechnet: 25.1 [m³/(h Pers)]  
Personenlufrate gewählt: ☒ 25.1 [m³/(h Pers)]  
Prozentsatz der Unzufriedenen: 20.2 [%]

Gebäudelufrate  
Gebäudeemissionen: Schadstoffarm [-]  
Gebäudelufrate: Keine [m³/(h m²)]  
Raucherlaubnis: Keine [m³/(h m²)]

Ergebnisse  
Fußbodenfläche: 56.40 [m²]  
Raumlufvolumen: 116.86 [m³]  
Anzahl Personen: 4.0 [-]  
Volumenstrom für Personen: 100.2 [m³/h]  
Volumenstrom für Gebäude: 0.0 [m³/h]  
Art der Addition: log Logarithmisch  
Volumenstrom gesamt: 100.2 [m³/h]  
Mindestluftwechselzahl n: 0.86 [1/h]  
Mittel/Max CO2-Konzentration: 1005/1250 [ppm]

Berechnen n Kopieren Alles kopieren

Firmenname OK Abbrechen Öffnen Speichern Info Hilfe

Für 4 Personen mit 3 Stunden Belegungszeit beträgt der notwendige Zuluftvolumenstrom ca. 100 m<sup>3</sup>/h, wenn die mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration bei ca. 1000 ppm liegen soll. Für die



Lüftung dieses Raumbereiches verbleibt es bei diesem Zuluftstrom, da er größer ist, als der geforderte Abluftvolumenstrom für die Küche. Die Maximalkonzentration von 1250 ppm ist ausreichend, um im zeitlichen Mittel 1005 ppm zu erreichen. Voraussetzung bei dieser Berechnung ist, dass der Raumbereich zu Beginn der Belastung mit 450 ppm Außenluftkonzentration durchlüftet wurde. Es wurde angenommen, dass der Raumbereich mit 20 % möbliert ist, wodurch sich das wechselbare Luftvolumen entsprechend verkleinert.

## Beispiel Wohnungslüftung für Schlafzimmer

Das Schlafzimmer mit 13,6 m<sup>2</sup> und einer lichten Raumhöhe von 2,59 m befindet sich in einer Wohnung im Mehrfamilienhaus. Die DIN 1946-6 verlangt hier, dass mindestens 15 m<sup>3</sup>/(h Pers.) als Zuluftstrom zur Verfügung gestellt wird. Die Auslegung für eine Abluftanlage ergab, dass tatsächlich ein Zuschlag erfolgen muss, um diese Bedingung zu erfüllen. Das Schlafzimmer wird nachts von 2 Personen 8 Stunden lang belegt.

Für eine mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration von 999 ppm (bei 1030 ppm End- bzw. Maximalkonzentration) werden nach MindLW ca. 75 m<sup>3</sup>/h benötigt, bei einem Möblierungsgrad von 10 %. Mit dem Reiter CO2Simu ergeben sich für 2\*15 m<sup>3</sup>/(h Pers.) 1896 ppm End- bzw. Maximalkonzentration und 1706 ppm Mittelkonzentration, was deutlich zu hoch ist. Vor allem dann, wenn die Lüftung als Komfortlüftungsanlage verkauft wird.

The screenshot shows the 'HygAusl' tab of the MindLW 6 software. The 'Raumdaten' section includes 'Raumnummer: 02' and 'Raumbezeichnung: Schlafzimmer'. The 'Raumgeometrie' section shows 'Länge: 1.00 [m]', 'Breite: 13.60 [m]', 'Höhe: 2.59 [m]', and 'Möblierung: 10.0 [%]'. The 'Personen- und Gebäudeemissionen' section shows 'Anzahl der Personen: 2.0', 'Belegungsfäche: Keine', 'Alter der Personen: >= 15 [Jahre]', 'Aktivität: Ruhe', 'Gebäudeemissionen: Schadstoffarm', 'Gebäudeluftfrate: Keine', and 'Raucherlaubnis: Keine'. The 'Ergebnisse' section shows 'Fußbodenfläche: 13.60 [m²]', 'Raumlufthvolumen: 31.70 [m³]', 'Anzahl Personen: 2.0', 'Volumenstrom für Personen: 74.8 [m³/h]', 'Volumenstrom für Gebäude: 0.0 [m³/h]', 'Volumenstrom gesamt: 74.8 [m³/h]', 'Mindestluftwechselzahl n: 2.36 [1/h]', and 'Mittel/Max CO2-Konzentration: 999/1030 [ppm]'. The 'Personen- und Gebäudeemissionen' section also shows 'CO2-Konzentration Zuluft: 450 normale Aul [ppm]', 'CO2-Ausgangskonzentration: 1030 [ppm]', 'CO2-Anfangskonzentr. Raumlufth: 450 durchlüftet [ppm]', 'Belegungszeit im Raum: 480 [min]', 'Personenlufrate errechnet: 37.4 [m³/(h Pers.)]', 'Personenlufrate gewählt: 37.4 [m³/(h Pers.)]', and 'Prozentsatz der Unzufriedenen: 14.8 [%]'. The 'Berechnen' button is visible at the bottom.

The screenshot shows the 'CO2Simu' tab of the MindLW 6 software. The 'Raumdaten' section includes 'Raumnummer: 02' and 'Raumbezeichnung: Schlafzimmer'. The 'Raumlufthvolumen' is 31.70 [m³]. The 'Personen- und Gebäudeemissionen' section shows 'Anzahl der Personen: 2.0', 'Alter der Personen: >= 15 [Jahre]', 'Aktivität: Ruhe', 'Belegungszeit im Raum: 480 [min]', 'Zuluftvolumenstrom: 30.0 [m³/h]', 'CO2-Konzentration Zuluft: 450 normale Aul [ppm]', and 'CO2-Anfangskonzentr. Raumlufth: 450 durchlüftet [ppm]'. The 'Ergebnisse' section shows 'CO2-Endkonzentration Raumlufth: 1896 [ppm]', 'CO2-Mittelkonzentration Raumlufth: 1706 [ppm]', 'Luftwechselrate: 0.95 [1/h]', 'Personenlufrate: 15.0 [m³/(h Pers.)]', and 'Prozentsatz der Unzufriedenen: 28.9 [%]'. The 'Berechnen' button is visible at the bottom.

Es ist allerdings zu beachten, dass bei einer dezentralen Lüftung im Raum ein Ventilator mit 75 m<sup>3</sup>/h evtl. für das Schlafen zu hohe störende Geräusche verursacht. In diesem Fall kann mit dem Reiter CO2Simu ein Kompromiss gesucht werden, der mit dem Bauherrn zu vereinbaren ist. Bei einem Gerät mit nur 60 m<sup>3</sup>/h ergeben sich 1173 ppm End- bzw. Maximalkonzentration mit 1126 ppm Mittelkonzentration.

## Beispiel Klassenraum

In einem 69 m<sup>2</sup> großen Klassenraum in einer Oberschule sollen 30 Schüler im Alter von 10-14 Jahren unterrichtet werden. Die Möblierung wird mit 10 % angenommen und die Gebäudeemission als schadstoffarm eingestuft. Als Gebäudeluftfrate wird die Kategorie II nach DIN EN 15251 vereinbart. Innerhalb einer Unterrichtsstunde von 45 min soll nach [3] die mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration 1000 ppm betragen. Personen- und Gebäudeluftfrate werden logarithmisch addiert.

Die errechnete Personenlufrate beträgt  $24,7 \text{ m}^3/(\text{h Pers.})$  und liegt damit in der Größenordnung der Kategorie II nach DIN EN 15251 mit  $25 \text{ m}^3/(\text{h Pers.})$ .

Die logarithmische Addition hat in diesem Fall bewirkt, dass die Gebäudeluftrate auf den Gesamtvolumenstrom keinen Einfluss hat. Es kam automatisch das Maximum zwischen Personen- und Gebäudeluftrate heraus und beträgt  $739,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Als Anfangskonzentration wurde die Außenluftkonzentration in Höhe von 450 ppm gewählt. Um zu überprüfen, welche Konzentration sich nach einer Pause von 10 min ohne Anwesenheit der Schüler einstellt, wird im Reiter CO2Simu der Gesamtvolumenstrom von  $739,5 \text{ m}^3/\text{h}$  und die End- bzw. Maximalkonzentration (1220 ppm) aus der Schulstunde als Anfangskonzentration eingetragen.

Die Endkonzentration nach der Pause beträgt 847 ppm. Die Lüftungsanlage ist also nicht in der Lage, innerhalb von 10 min den Klassenraum vollständig zu durchlüften. Entweder man stellt die Bedingung auf, dass in den Pausen eine zusätzliche Fensterlüftung erfolgen muss

oder die Berechnung für die Schulstunde wird mit einer höheren Anfangskonzentration wiederholt, was zu einem höheren Gesamtvolumenstrom führen wird.

## Beispiel Aula

In einer Aula mit 1875 m<sup>3</sup> Raumluftvolumen wird Tanzunterricht für 30 Schüler gegeben. Als Aktivität wird daher „Mäßig“ eingetragen. Die Möblierung kann in diesem großen Raum vernachlässigt werden und die Gebäudeemission wird als schadstoffarm eingestuft. Als Gebäudeluftrate wird die Kategorie II nach DIN EN 15251 vereinbart. Die mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration soll 1000 ppm innerhalb von 45 min nicht überschreiten.

MindLW 6 - Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen

HygAusl | CO2Simu | FeuAusl

Raumbeschreibung  
Raumnummer: 04 Raumbezeichnung: Aula KR 1

Raumgeometrie  
Länge: 1.00 [m] Breite: 250.00 [m] Höhe: 7.50 [m] Möblierung: 0.0 [%]

Personenluftrate  
Anzahl der Personen: 30.0 [-]  
Belegungsfläche: Keine [m²/Pers]  
Alter der Personen: >= 15 [Jahre]  
Aktivität: Mäßig [-]  
CO2-Konzentration Zuluft: 450 normale Aul. [ppm]  
CO2-Ausgangskonzentration: 1500 DIN 1946- [ppm]  
CO2-Anfangskonzentr. Raumlufte: 450 durchlüftet [ppm]  
Belegungszeit im Raum: 45 [min]  
Personenluftrate errechnet: 0.3 [m³/(h Pers)]  
Personenluftrate gewählt: ☒ 0.3 [m³/(h Pers)]  
Prozentsatz der Unzufriedenen: 153.5 [%]

Gebäudeluftrate  
Gebäudeemissionen: Schadstoffarm [-]  
Gebäudeluftrate: 2.52 Kat. II [m³/(h m²)]  
Raucherlaubnis: Keine [m³/(h m²)]

Ergebnisse  
Fußbodenfläche: 250.00 [m²]  
Raumluftvolumen: 1875.00 [m³]  
Anzahl Personen: 30.0 [-]  
Volumenstrom für Personen: 7.7 [m³/h]  
Volumenstrom für Gebäude: 630.0 [m³/h]  
Art der Addition: log Logarithmisch  
Volumenstrom gesamt: 630.0 [m³/h]  
Mindestluftwechselzahl n: 0.34 [1/h]  
Mittel/Max CO2-Konzentration: 920/1352 [ppm]

Firmenname

Aufgrund des hohen Raumluftvolumens ist für diese kurze Belegungszeit ein Volumenstrom für die Personen kaum notwendig. Der Gesamtvolumenstrom von 630 m<sup>3</sup>/h ergibt sich bei logarithmischer Addition allein aus der Gebäudeluftrate.

## Beispiel Wohnung im MFH

Für den Neubau (Wärmeschutz hoch,  $f_{Rsi} = 0,72$ ) einer Wohnung im Mehrfamilienhaus mit 63,80 m<sup>2</sup> sollen die errechneten Volumenströme aus MindLW mit den Ergebnisse aus der DIN 1946-6 [4] verglichen werden. Die Wohnung besteht aus Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer sowie Küche, Bad und wird von 3 Personen den ganzen Tag genutzt. Nach DIN 1946-6 weist die NE damit eine hohe Belegung auf. Gebäudeemissionen werden in der DIN 1946-6 nicht berücksichtigt. Es ergeben sich folgende Ergebnisse:

Berechnungsgrundlage	Volumenstrom/ CO <sub>2</sub> -Gehalt
Nennlüftung nach DIN 1946-6 [4, Glg. (8)]	76 m <sup>3</sup> /h
MindLW <HygAusl> für ca. 1000 ppm im Tagesmittel	112 m <sup>3</sup> /h
MindLW <CO2Simu> CO <sub>2</sub> -Mittelkonzentration für 76 m <sup>3</sup> /h	1244 ppm
Lüftung zum Feuchteschutz nach DIN 1946-6 Glg. (8) für hohe Belegung	23 m <sup>3</sup> /h

MindLW <FeuAusl> und Feuchtelast nach [4, S. 15] für Außenklima bei 13 °C/80 % bei 13 °C/50 % bei -5 °C/50 % (Klimarandbedingung nach DIN 4108-2)	76 m³/h 39 m³/h 33 m³/h
MindLW <FeuAusl> und Feuchtelast 3-Personenhaushalt 17 h/d anwesend ohne Wäschetrocknen (5,6 kg/d) nach DIN/TS 4108-8 [7] bei 13 °C/80 % bei -5 °C/50 % (Klimarandbedingung nach DIN 4108-2)	67 m³/h 29 m³/h
MindLW <FeuAusl> und Feuchtelast 3-Personenhaushalt 17 h/d anwesend mit Wäschetrocknen (7,5 kg/d) nach DIN/TS 4108-8 [7] bei 13 °C/80 % bei -5 °C/50 %	89 m³/h 39 m³/h

Es zeigt sich, dass mit der Nennlüftung von 76 m³/h die Raumluftqualität von 1000 ppm im Tagesmittel als Zielwert nicht erreicht wird. Hierzu wären 112 m³/h notwendig. Nach den Mitteilungen des Umweltbundesamtes [3] wäre die Raumluftqualität als „Hygienisch auffällig“ einzustufen und der Außenluftvolumenstrom zu erhöhen. Da dies aber auch eine Kostenfrage ist, sollte man hier mit dem Bauherrn eine Vereinbarung treffen, um Rechtssicherheit bei der Planung zu erhalten.

Die Lüftung zum Feuchteschutz errechnet sich nach DIN 1946-6 aus der Nennlüftung mit dem Faktor 0,3. Der Wert von 23 m³/h wird mit den Ergebnisse aus MindLW für verschiedene Außenklimazustände verglichen. Als Feuchtelast in der Wohnung wird die Angabe aus der DIN 1946-6 S. 15 entnommen und auf die Wohnungsgröße interpoliert. Selbst bei sehr niedriger Außentemperatur mit der daraus resultierenden trockenen Außenluft ist der Volumenstrom aus der DIN 1946-6 zu gering. Das Gleiche gilt, wenn die Feuchtelast aus der DIN/TS 4108-8 für den 3-Personenhaushalt übernommen wird.

Für eine sichere Auslegung müsste man den höchsten Volumenstrom nehmen. Dieser ergibt sich bei hohen Außentemperaturen, da dann die Außenluft feuchter ist. Berücksichtigt man noch, dass in der Wohnung die Wäsche mit Wäscheständer frei getrocknet werden könnte, müsste man die NE mit 79 m³/h lüften. Das ist sehr nahe an der Nennlüftung, wodurch das Dogma „Auslegung nach Nennlüftung bei ventilatorgestützten Anlagen“ gerechtfertigt wird.

Hat die Wohnung ein fensterloses Bad, müsste sie nach DIN 18017-3 ausgelegt werden und man könnte sich auf die Ausnahmeregelung in der DIN 1946-6 [4, Abschn. 4.2.1] berufen. Ein dauerhafter Volumenstrom von 40 m³/h nach DIN 18017-3 [8, Tab. 2] dürfte allerdings nicht ausreichend sein. Hier müsste man von der Regelung in der DIN 18017-3 [8, Anm. in Abschn. 5.1.1] Gebrauch machen, dass die planmäßigen Außenluftvolumenströme bis zum doppelten Wert zulässig sind.

MindLW 6 - Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen

HygAusl | CO2Simu | FeuAusl

Raumdaten  
Raumnummer: 1.2 Raumbezeichnung: Wohnung im MFH  
Raumluftvolumen: 132.19 [m³] Fußbodenfläche: 63.80 [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  
RSi: 0.72 [-]  
raumseitige Temperatur: 20.0 [°C]  
relative kritische Bauteilfeuchte: 80 [%]

Feuchteproduktion  
Summe tägliche Andauer: 1440 [min/d]  
Anzahl Personen: 0.0 [-]  
personenbezogen: 0 [-, g/(h P)]  
Fußbodenfläche der NE: 63.80 [m²]  
flächenbezogen: 0 [g/(h m²)]  
individuell: Beispiele 312.5 [g/h]

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

Zuluftzustand  
Rückwärmezahl: 0.0 [%]  
Rückfeuchtezahl: 0.0 [%]  
Ablufttemperatur in NE oder Raum: 20.0 [°C]  
rel. Abluftfeuchte in NE oder Raum: 50.0 [%]  
Zulufttemperatur im Raum: 13.0 [°C]  
Zuluftfeuchtegehalt im Raum: 7.5 [g/kg]

Ergebnisse  
tägliche mittlere Feuchtelast: 312.5 [g/h]  
raumseitige Oberflächentemperatur: 18.0 [°C]  
kritischer Feuchtegehalt: 10.4 [g/kg]  
relative kritische Raumlufteuchte: 70.8 [%]  
notwendiger Volumenstrom VolFL: 88.9 [m³/h]

Berechnen VoFL kopieren Alles kopieren

Firmenname OK Abbrechen Öffnen Speichern Info Hilfe

## Beispiel KITA-Gruppenraum

In einem Gruppenraum einer Kindertagesstätte ist mit einer höheren Aktivität, aber mit einem geringerem Alter zu rechnen. Daher wird hier der notwendige Volumenstrom mit verschiedenen Berechnungsverfahren verglichen.

Der Gruppenraum hat eine Fußbodenfläche von 43,24 m². Für die Anzahl der Kinder wird von der Belegungsfläche 2 m²/Pers ausgegangen. Es wird aber eine Möblierung von 20 %, die sich auf dem Fußboden befindet, berücksichtigt. Daraus ergeben sich 17 Kinder mit einem Alter von 4-6 Jahren und einer leichten Aktivität. Diese Belastung wird ununterbrochen für 4 Stunden angenommen (Winterfall).

Für eine mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration von ca. 1000 ppm errechnet sich eine Personenlufrate von 34,5 m³/(h Pers.). Geringes Alter, aber höhere Aktivität hat sich in etwa ausgeglichen. Die logarithmische Addition von Personen- und Gebäudeluftrate hat zu einer Maximalwertbildung geführt. Das ist ein typisches Verhalten der logarithmischen Addition, wenn beide Werte weit auseinander liegen. Eine Erhöhung im Gesamtvolumenstrom über das Maximum hinaus ergibt sich erst bei geringen Differenzen zwischen Personen- und Gebäudeluftrate.

## Literatur

- [1] DIN EN 15251:2007-08: Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumlufthqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Beuth-Verlag.
- [2] VDI 6040-1:2011-06: Raumlufthtechnik – Schulen - Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien)

- [3] Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I: Bildungseinrichtungen. Bundesgesundheitsbl 2018 · 61:239–248. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2018
- [4] DIN 1946-6:2019-12: Raumluftechnik — Teil 6: Lüftung von Wohnungen — Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung. Beuth-Verlag.
- [5] 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).
- [6] 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.
- [7] DIN/TS 4108-8:2021-??: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden. Beuth-Verlag.
- [8] DIN 18017-3:2020-05: Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren. Beuth-Verlag.
- [9] DIN 4108-2:2013-02: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth-Verlag.
- [10] DIN/TS 12831-1:2020-04. Verfahren zur Berechnung der Raumheizlast – Teil 1: Nationale Ergänzungen zur DIN EN 12831-1. Beuth-Verlag.
- [11] Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2008 51:1358–1369 DOI 10.1007/s00103-008-0707-2. Springer Medizin Verlag 2008.

## Stichwortverzeichnis

### A

Anzahl der Personen 6

Alter der Personen 6

Aktivität 6

Alles kopieren 9

Anzahl Personen 9

außenseitige Temperatur 11

Anzahl Personen 13

absoluter Außenluftfeuchtegehalt 14

Alles kopieren 15

Abbrechen 16

### B

Breite 5

Belegungsfläche 6

Belegungszeit im Raum HygAusl 7

**Berechnen HygAusl 9**  
**Berechnen CO2Simu 11**  
**<Beispiele> 13**  
**Berechnen FeuAusl 15**

## C

**CO2-Konzentration in der Zuluft HygAusl 6**  
**CO2- Auslegungskonzentration 7**  
**CO2-Anfangskonzentr. Raumlufth HygAusl 7**  
**CO2-Endkonzentration Raumlufth CO2Simu 10**  
**CO2-Mittelkonzentration Raumlufth 10**

## F

**Fußbodenfläche 9**  
**fRsi 12**  
**Fußbodenfläche der NE 13**  
**flächenbezogen 13**

## G

**Gebäudeemissionen 8**  
**Gebäudeluftrate 8**

## H

**Höhe 5**  
**Höhenlage 12**  
**Hilfe 16**

## I

**Info 16**

## L

**Länge 5**

## M

**Möblierung 5**  
**Mindestluftwechselzahl n 10**  
**Mittel/Max CO2-Konzentration 10**

## N

**n Kopieren 9**  
**notwendiger Volumenstrom VolFL 15**

## O

**OK 16**

## P

**Personenluftrate errechnet 7**  
**Personenluftrate gewählt 7**  
**Prozentsatz der Unzufriedenen HygAusl 7**  
**Personenluftrate 11**

**Prozentsatz der Unzufriedenen CO2Simu 11**  
**personenbezogen 13**

## R

**Raumnummer 5**  
**Raumbezeichnung 5**  
**Raucherlaubnis 8**  
**Raumlufthvolumen 9**  
**relative Außenluftfeuchte 11**  
**raumseitige Temperatur 12**  
**relative kritische Bauteilfeuchte 12**  
**raumseitige Oberflächentemperatur 14**  
**relative kritische Raumlufthfeuchte 15**

## V

**Volumenstrom für Personen 9**  
**Volumenstrom für Gebäude 9**  
**Volumenstrom gesamt 9**  
**VoFL kopieren 15**