

MindLW Version 10

Mindestluftwechsel für die Lüftung berechnen

für Windows

Neues in der Version 10

HygAusl

- Nach welcher Norm/Richtlinie/Quelle die CO₂-Produktion berechnet wird, kann jetzt explizit ausgewählt werden. In der Version 9 wurde dies anhand der Eingabedaten ermittelt.
- Es wurde eine neue Berechnungsart nach Persily/de Jonge für die CO₂-Produktion hinzugefügt. Mit dieser ergeben sich geringere Volumenströme. Falls diese in einer Norm aufgenommen wird, hat man hier die Möglichkeit Vergleichsrechnungen durchzuführen bzw. kann einen geringeren Volumenstrom rechtfertigen.
- Die Berechnungsgrundlagen für Gewicht und Größe werden nun ausgewiesen und können verändert werden.
- Für beide Methoden (DIN EN ISO 8996 und Persily/de Jonge) erfolgt eine Druck/Temperatur-Korrektur. In der DIN EN ISO 8996 wird auf diese zwar hingewiesen, jedoch wurde keine Formel hierfür in der Norm angegeben.
- Unter CO₂-Auslegungskonzentration können jetzt auch die Kategorien der DIN EN 16798-1 ausgewählt werden.

DrehKipp

- Die Fensteröffnung „Parallelabstellung“ wurde hinzugefügt. Sie gilt allerdings nur für einen Luftspalt von 0,6 cm.

Schule

- Dies ist ein neues Register für die Auslegung des Volumenstroms in Bildungseinrichtungen mit einem ständigen Wechsel zwischen Unterricht und Pause.

Warum mit MindLW die Lüftung auslegen?

Das Programm MindLW berechnet Luftvolumenströme und die Raumluftqualität zur Realisierung eines Lüftungskonzeptes. Ein Lüftungskonzept sollte nicht nur für die Auslegung der Lüftungskomponenten erstellt werden, sondern es sollte unter Variation der Randbedingungen auch untersucht werden, ob es ganzjährig funktioniert. Einige Normen, Richtlinien und Empfehlungen stellen Anforderungen an die Lüftungskonzeption bzw. geben Berechnungsvorschriften für die Auslegung vor. Diese entsprechen nicht immer den Gegebenheiten des Planungsumfeldes oder gelten nur für bestimmte Zeiträume.

Besonders die Auslegung mit pauschalen Volumenstromvorgaben oder Luftwechselzahlen ist oft nicht projektorientiert und auch nicht bedarfsgerecht, da sie nur für bestimmte Situationen gelten. Dadurch erhält man auch keine Aussage auf die zu erwartende Raumluftqualität. Diese Auslegungsmethodik wird vorwiegend von der Industrie forciert. Mit der neuen Energy Performance of Buildings Directive (EPBD, europäische Gebäuderichtlinie, welche die Grundlage für das Gebäudeenergiegesetz GEG bildet) 2024 [1] könnte sich das ändern. Es ist vorgesehen, dass die Raumluftqualität durch Sensoren erfasst wird und sie ist auch in Energieverbrauchsberechnungen zu berücksichtigen. Um zu verhindern, dass bei der Messung ein „Überraschungswert“ festgestellt wird, sollte schon in der Planung ein Zielwert entsprechend der EPBD 2024 angestrebt werden.

Daher sollte eine schadstofforientierte Bestimmung der Volumenströme der Grundsatz der Lüftungsplanung sein und kann auch in vielen Fällen energieeffizientere Lüftungsanlagen hervorbringen. Mit dem Indikator CO₂-Konzentration für anthropogene Emissionen in Aufenthaltsräumen ist eine sehr praktikable Lüftungsplanung möglich. Das geht auch inzwischen aus einigen Literaturquellen hervor.

Folgende Normen und Richtlinien verlangen oder empfehlen die Einhaltung einer bestimmten maximalen oder mittleren CO₂-Konzentration, welche auch über ein Lüftungskonzept zu dokumentieren ist:

- Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I: Bildungseinrichtungen 2018 [2] und Teil II: Wohngebäude 2020 [3].
- Arbeitsstättenregeln ASR 3.6 Lüftung 2018-05 [4].
- RLT – Anlagen 2023 (AMEV) [5].
- VDI 6040-2:2015-09 (Schullüftung) [6].

Einige Gesundheitsämter fordern für die Planung der Schullüftung den Nachweis einer mittleren CO₂-Konzentration von 1000 ppm während einer Unterrichtseinheit und die Betrachtung der Raumlufftfeuchte. Sie verweisen dabei auf die Kriterien in [2].

Aus den Kernbotschaften in [2] geht außerdem 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 können diese Anforderungen rechnerisch untersucht und somit gegenüber den Behörden bzw. Auftraggebern nachgewiesen werden.

Eine Auslegung kann mit verschiedenen Dialogboxen für die Hygienelüftung, Feuchteschutzlüftung und der Entlüftung von Nassräumen erfolgen. Auch die einseitige Fensterlüftung ist als Untersuchungsvariante möglich. Ist der notwendige bzw. erreichbare Luftvolumenstrom bekannt, kann zum Nachweis der Raumlufftqualität eine Simulationsrechnung erfolgen, in der die CO₂-Konzentration und die sich näherungsweise einstellende Raumlufftfeuchte ermittelt wird. In MindLW 10 ist ein neues Konzept für die Berechnung der Lüftung für Bildungseinrichtungen (kurz Schullüftung) hinzugekommen.

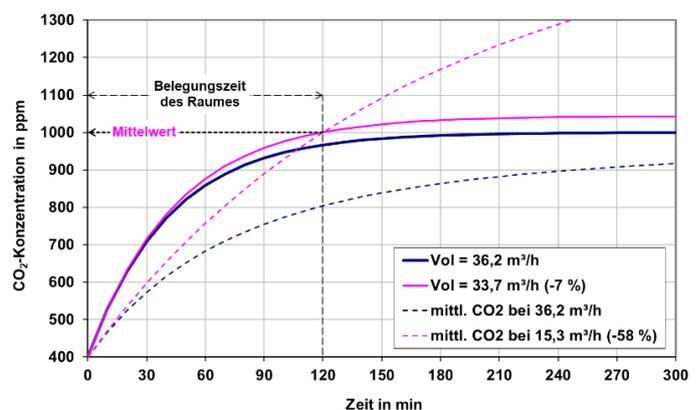
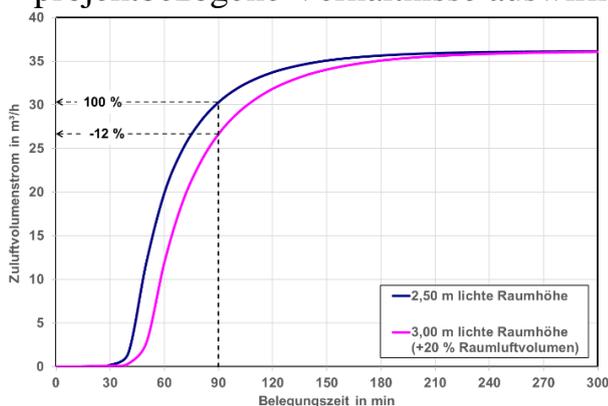
Grundlage für die Berechnungen sind Normen und Richtlinien für Wohn- und Nichtwohngebäude mit Ergänzungen, welche in der Planungspraxis von Interesse sind bzw. benötigt werden. Beispiele hierfür sind:

- In der VDI 6040-2 sind zwei Jahrgangsstufen angegeben, die für Berlin und Brandenburg nicht zutreffend sind. In diesen Ländern wechseln die Schüler mit bis zu 2 Altersjahren Differenz später an die weiterführende Schule. Da Kinder in jungen Jahren wesentlich weniger CO₂ emittieren, kann die Unterdimensionierung in Grundschulen bei einer Auslegung nach der VDI 6040-2 bis zu 25 % betragen. Ab Version MindLW

9 ist die freie Eingabe des Alters, des Geschlechts und der Aktivität möglich. Optional auch die direkte Eingabe der CO₂-Emission der Personen.

- Bei der volumenstrombasierten Auslegung nach der DIN 1946-6 [7] wird ein Volumenstrom für die gesamte Nutzungseinheit und für alle Nutzer festgelegt, der über die f_{Rzu} -Faktoren auf die einzelnen Räume verteilt wird. Halten sich die Nutzer für längere Zeit z.B. im Wohnzimmer auf, kann durch diese Aufteilung die CO₂-Konzentration auf unakzeptable Werte ansteigen. Mit MindLW kann zur Sicherstellung der geschuldeten Raumluftqualität diese rechnerisch hinsichtlich Personenzahl, Belegungszeit und Raumluftvolumen überprüft werden.
- Die DIN 1946-6 gilt nur für die Heizperiode. Im warmen Sommer mit hoher Außenluftfeuchte wird ein wesentlich höherer Volumenstrom zur Vermeidung der Schimmelpilzbildung an Bauteilen benötigt als die Auslegung nach der Lüftung zum Feuchteschutz gem. DIN 1946-6 dies vorsieht [8, Abb. 6]. Der Arbeitskreis Lüftung am Umweltbundesamt [3] empfiehlt für die Zielvorgabe gesundheitsverträglicher und behaglicher Raumluftgüte die Auslegung mindestens nach der reduzierten Lüftung gem. DIN 1946-6. Außerdem ist in der DIN 1946-6 nicht das freie Wäschetrocknen enthalten, welches wohl in den meisten Wohnungen im Mehrfamilienhaus angenommen werden kann. MindLW berechnet die Feuchteschutzlüftung anhand der Feuchtelast, Wärmedämmung (f_{Rsi} -Wert) und Außenklima mit/ohne Wärme-/Feuchterückgewinnung. Damit kann man eine ganzjährige, nutzerunabhängige Lüftung projektieren.
- In Räumen mit großem Raumluftvolumen kann bei einer relativ kurzen Belegungszeit ein sehr viel geringerer Volumenstrom notwendig sein. Eine pauschale Personenluft rate oder eine Luftwechselzahl berücksichtigt nicht das Raumluftvolumen und die Belegungszeit. MindLW ermittelt den Anstieg der CO₂-Konzentration instationär, wodurch Raumluftvolumen und Belegungszeit in die Berechnung einfließen.

Die DIN EN 16798-1 [9] ermöglicht im Verfahren 2 die Auslegung nach CO₂, jedoch nur für den stationären Zustand und für Erwachsene in Ruhe. Wie sich das auf projektbezogene Verhältnisse auswirken kann, zeigen folgende Beispiele.



Im linken Diagramm ist der Einfluss des Raumluftvolumens dargestellt. Wird in diesem Beispiel das Raumluftvolumen um 20 % vergrößert, kann der Zuluftvolumenstrom bei gleicher Belegungszeit und stationärer End-CO₂-Konzentration von 1000 ppm um 12 % geringer ausgelegt werden.

Das rechte Diagramm zeigt den zeitlichen Verlauf der CO₂-Konzentration (durchgezogene Linien) für zwei unterschiedliche Volumenströme. Da die

Belegungszeit des Raumes noch vor Erreichen des stationären Zustandes endet, kann der Volumenstrom bei Einhaltung einer maximalen CO₂-Konzentration von 1000 ppm um 7 % verringert werden. Noch deutlicher wird die Einsparung, wenn eine CO₂-Konzentration von 1000 ppm im Mittel während der Belegungszeit nicht überschritten werden darf. Den gestrichelten Linien für den Verlauf der jeweiligen CO₂-Mittelwerte bis z.B. zum Zeitpunkt $t = 120$ min entnimmt man, dass der Volumenstrom um 58 % geringer dimensioniert werden kann.

Zur Berücksichtigung der Raumnutzung gehört auch, dass die CO₂-Produktion der Rauminssassen möglichst genau abgeschätzt wird. Je mehr CO₂ im Raum produziert wird, desto höher muss der Volumenstrom sein, um eine vereinbarte CO₂-Konzentration zu erreichen. Dabei spielen das Alter, Geschlecht, Körpergröße und Aktivität eine große Rolle. Einen wissenschaftlichen Hintergrund für die Berechnung der CO₂-Abgabe der Personen hatten die Standards zur Expositionsabschätzung [10]. Auch aus der DIN EN ISO 8996 [11] konnte man die erforderlichen Werte anhand der Körperoberfläche ableiten. Diese Werte bildeten bisher auch die Grundlage für die in Normen vorgegebenen Personenluftstraten in m³/(h Pers.). Neuere Untersuchungen ergaben jedoch, dass die CO₂-Abgabe tatsächlich deutlich geringer ausfällt, was der Vergleich mit Messergebnissen belegte (Persily und de Jonge [12]). Persily und de Jonge gehen vom Stoffwechsel-Grundumsatz der Personen aus.

Die VDI 6040 Blatt 2 und die DIN EN 16798-1 machen feste Vorgaben für die CO₂-Produktion der Personen. In MindLW kann man daher für die Ermittlung der CO₂-Produktion verschiedene Berechnungsoptionen wählen.

Damit eignet sich MindLW sowohl für die projektbezogene und bedarfsgerechte Auslegung als auch für die Begutachtung mittels Parametervariationen.

Auslegung der Hygienelüftung mit Reiter HygAusl

The screenshot shows the 'HygAusl' (Hygiene Ventilation) tab in the MindLW 10.0 software. The window title is 'MindLW 10.0 - P:\MindLW\MindLW_KITA-Gruppenraum.INI'. The interface is divided into several sections:

- Raumbeschreibung:** Raumnummer: R 0.21, Raumbezeichnung: KITA-Gruppenraum
- Raumgeometrie:** Umschließungsfläche: 72.00 [m²], FB-Fläche: 43.24 [m²], li. Höhe: 2.75 [m], Möblierung: 20.0 [%]
- Personenluftstrate:**
 - Anzahl der Personen: 17.0 [-]
 - Belegungsfläche: Keine [m²/Pers]
 - Alter der Personen: 7 [Jahre]
 - Anteil männlich: 50 [%]
 - Gewicht/Größe männlich gewählt: 26.9/1.28 [kg]/[m]
 - Gewicht/Größe weiblich gewählt: 26.2/1.27 [kg]/[m]
 - Höhenlage über NN: 30 [m]
 - Luftdruck: 1010 [hPa]
 - Raumlufttemperatur: 20.0 [°C]
 - Aktivität: 1,6 Akt. III stehend leicht [met]
 - CO₂-Produktion: 13.4 [l/(h Pers.)]
 - CO₂-Konzentration Zuluft: 450 normale Außen [ppm]
 - CO₂-Auslegungskonzentration: 1000 Pettenkofer [ppm]
 - CO₂-Anfangskonzentr. Raumluft: 450 durchlüftet [ppm]
 - Belegungszeit im Raum: 240 [min]
 - Lüftungseffektivität: 1,0 Mischlüftung [-]
 - Personenluftstraten errechnet: 22.8 [m³/(h Pers.)]
 - Personenluftstraten gewählt: 22.8 [m³/(h Pers.)]
- Gebäudeluftstrate:**
 - Gebäudeemissionen: Schadstoffarm [-]
 - Gebäudeluftstrate: 2.52 Kat II [m³/(h m³)]
 - Raucherlaubnis: Keine [m³/(h m³)]
- Ergebnisse:**
 - Raumvolumen: 118.91 [m³]
 - Raumluftvolumen: 95.13 [m³]
 - Anzahl Personen: 17.0 [-]
 - Volumenstrom für Personen: 388.4 [m³/h]
 - Volumenstrom für Gebäude: 109.0 [m³/h]
 - Art der Addition: max Maximum
 - Volumenstrom gesamt: 388.4 [m³/h]
 - Raumluftwechsel n: 4.08 [1/h]
 - Mindestwert nach EN 16798-1: 244.8 [m³/h]
 - Max/Mittel CO₂-Konzentration: 1036/1000 [ppm]
 - Prozentsatz der Unzufriedenen: 18.2/17.3 [%]
- Berechnungsoptionen für CO₂-Produktion:**
 - Standards zur Expositionsabschätzung
 - VDI 6040 Blatt 2
 - DIN EN 16798-1
 - DIN EN ISO 8996
 - Persily/de Jonge

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

In MindLW wird raumweise vorgegangen. D.h., alle Reiter beziehen sich auf den gleichen Raum und die Daten dieses Raumes werden in einer Datei abgelegt.

Die CO₂-Produktion kann nach folgenden Optionen berechnet werden:

- Standards zur Expositionsabschätzung [10]. War Grundlage des CO₂-Tools vom Niedersächsisches Landesgesundheitsamt. Diese Option ist aufgrund veralteter Daten nur zur Kompatibilität mit früheren MindLW-Versionen noch enthalten. Die Ergebnisse waren auch deutlich zu hoch.
- VDI 6040-2 mit 2 Jahrgangsstufen und Aktivität in 3 unterschiedlichen Schulräumen.
- DIN EN 16798-1 [9, Anhang B oder Nationaler Anhang] mit Volumenstromvorgaben oder CO₂-Konzentrationen für 4 mit den Bauherren zu vereinbarenden Kategorien. Die Vorgaben gehen aber nur von Erwachsenen in Ruhe aus.
- DIN EN ISO 8996 [11] mit Körperdaten des Robert Koch Institutes (RKI). Durch die freie Eingabe von Alter, Geschlecht und Aktivität ist die Option besonders für Kinder in KITAs und Grundschulen geeignet. Je jünger die Rauminsassen sind, desto weniger Volumenstrom wird benötigt. Evtl. könnte aber eine höhere Aktivität dagegenwirken. Ebenso werden mit dieser Berechnungsoption auch höhere Aktivitäten, z.B. in Sportstätten berücksichtigt. Der in der Norm angegebene Algorithmus geht auf das Jahr 1981 zurück. Die neue MindLW 10 ergänzt die Algorithmen der Norm um die Berücksichtigung von Luftdruck und Temperatur (optional).
- Persily/de Jonge 2017 [12] ebenfalls mit Körperdaten des RKI und Druck/Temperatur-Korrektur.

Für die Gebäudeluftrate werden Angaben aus der DIN EN 16798-1 bzw. deren Vorgängernorm verwendet.

Für die meisten Listboxen kann entweder eine Auswahl mit der Maus erfolgen oder eine freie Werteingabe mit eigenem Kommentar.

Die Personenluftrate kann optional aus der Vorgabe einer Soll-CO₂-Konzentration und einer Belegungszeit des Raumes errechnet werden oder es wird eine Kategorie nach DIN EN 16798-1 gewählt.

Da der Volumenstrom für die Personen auch die Gebäudeemissionen abführt und umgekehrt, kann die Addition der Personen- und Gebäudeluftrate wahlweise linear (gem. DIN EN 16798-1 Nationaler Anhang), logarithmisch oder durch Maximalwertbildung erfolgen. Die Maximalwertbildung wird auch in anderen Ländern bevorzugt.

Ab der Version MindLW 9 ist die Volumenstromauslegung wahlweise für einen vorgegebenen CO₂-Endwert (Maximalwert) oder CO₂-Mittelwert im Belegungszeitraum möglich.

Die Berücksichtigung der Schadstoffemissionen aus dem Gebäude ist abwählbar. Es gibt einen Warnhinweis, wenn ein Mindestwert nach EN 16798-1 unterschritten wird.

Auslegung der Feuchteschutzlüftung mit Reiter FeuAusl

Der erforderliche Zuluftvolumenstrom aufgrund einer vorgegebenen Feuchtelast wird auf Basis der DIN/TS 4108-8 [13, Anhang H] (Feuchteschutzlüftung zur Vermeidung von Schimmelpilz- bzw. Tauwasserbildung) ermittelt. Dabei gehen u.a. auch die Parameter Außenklima, Wärmedämmung an Wärmebrücken (f_{Rsi}) und die 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

Es werden auch Lüftungskonzepte mit Fensterlüftung von einigen Auftraggebern gefordert. Dabei erhebt sich die Frage, wie hoch der Volumenstrom durch das offene Fenster ist. In einigen Literaturstellen, welche sich mit diesem Thema befassen, werden Bereiche für die Luftwechselzahlen genannt. So z.B. auch in der DIN 4108-2 [14], die auch für den sommerlichen Wärmeschutznachweis zuständig ist. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Rauminssasse die Fenster so weit öffnet und so lange lüftet, bis die vorgegebenen Luftwechselzahlen erreicht werden. Auch bei der Schullüftung wird oft angenommen, dass in der Pause die Fensterlüftung den Raum wieder auf die CO_2 -Außenluftkonzentration bringt.

Um mehr Planungssicherheit zu bekommen, sollte der Volumenstrom durch geöffnete Fenster auf Basis physikalischer Einflussgrößen berechnet werden. Mit diesen Parametern kann untersucht werden, ob die o.g. Annahmen zutreffend sind und ob die Anzahl der Fensteröffnungen zumutbar ist.

The screenshot shows the MindLW 10.0 software interface with the following data:

Raumdaten
Raumnummer: R 0.21 Raumbezeichnung: KITA-Gruppenraum
Umschließungsfläche: 72.00 [m²] Raumluftvolumen: 95.13 [m³] Fußbodenfläche: 43.24 [m²]

Allgemein
Außenlufttemperatur: 10.0 [°C] Raumlufttemperatur: 20.0 [°C] Windgeschwindigkeit: 1.5 [m/s]
Höhe der Lüftungszone: 1.50 [m] Rauheitsparameter: 0.25 Mittlere Abschirmung (normale Lage) [m]

Fensteröffnung
Öffnungs-Breite: 1.50 [m] Öffnungs-Höhe: 1.80 [m] Öffnungs-Weite: 15.0 [cm] Fensteranzahl: 5 [-]
 ganz geöffnet Drehfenster Kippfenster Lüftungsdauer: 20 [min] Öffnungswinkel: 4.8 [°]
 Parallelabstellung 0,6 cm

Wärmequellen (WQ) und sonstige Volumenströme
Anz. Personen: 17 [-] Akt. II Sitzend (Büro, Schw.) [-, W/Pers] konv. WQ: 0 [W] Infiltration: 0 [m³/h]
Soll-Volumenstrom: 417 [m³/h]

Ergebnisse
freie Öffnungsfläche: 1.16 [m²] gefordert nach ASR A3.6/AMEV: 5.95 [m²]
ohne Raumlufitemperaturänderung
Volumenstrom nach DIN/TS 4108-8: 685 [m³/h] Zeit für 1 LW / Luftwechsel: 8 / 7.2 [min / 1/h]
mit Raumlufitemperaturänderung
Raumlufitemperatur am Lüftungsende: 18.3 [°C] Raumlufitemperatur 5 min nach Lüftung: 21.8 [°C]
mittlerer Volumenstrom VoFE: 644 [m³/h] min. Öffnungszeiten innerhalb 240 min: 155 [min]
Zeit für 1 LW / mittlerer Luftwechsel: 9 / 6.8 [min / 1/h] Öffnungen im Betrachtungszeitraum: 8 [-]
Minderung wg. TempÄnderung: 6.0 [%]

Buttons: Berechnen, Alles kopieren, VoFE kopieren, Zur Lüftungszone

Footer: CSE Nadler, OK, Abbrechen, Öffnen, Speichern unter, Info, Hilfe

Der Zuluftvolumenstrom aufgrund einer vorgegebenen Fensteröffnung errechnet sich in MindLW auf Basis der DIN/TS 4108-8 [13, Anhang G] für einseitige Fensterlüftung, d.h. nur in eine Fassadenrichtung. Eine Querlüftung über mehrere Fassadenrichtungen und Räume erfordert einen höheren Nutzaufwand und kann auch nicht immer realisiert werden, weil die Nutzungsbedingungen der Räume innerhalb der Lüftungszone unterschiedlich sind.

In Erweiterung dieser Algorithmen wird näherungsweise berücksichtigt, dass der thermisch induzierte Volumenstromanteil durch das Fenster aufgrund der sich verringernenden Temperaturdifferenz zwischen Raum und Außenluft während der Lüftungsdauer abnimmt. Unter der Voraussetzung, dass sich die raumseitigen Oberflächentemperaturen in einer kurzen Lüftungsdauer aufgrund der thermischen Trägheit der Bauteile nicht verändern, wird auch berechnet, welche Raumlufitemperatur sich in einer relativ kurzen Zeit nach der Fensterlüftung wieder einstellt. Das spielte in der Corona-Zeit eine große Rolle, als es um die Frage der Auskühlung des Klassenzimmers ging.

Mit diesem Reiter kann überprüft werden, unter welchen Bedingungen eine Fensterlüftung möglich bzw. nicht möglich ist. Außerdem wird die notwendige Anzahl der Fensteröffnungen angegeben mit der man beurteilen kann, ob diese zumutbar sind.

Im neuen MindLW 10 wird auch die Parallelabstellung des Fensters von 0,6 cm unterstützt.

Simulation des Raumluftzustandes mit Reiter Simu

MindLW 10.0 - P:\MindLW\MindLW_KITA-Gruppenraum.INI

HygAusl | FeuAusl | DrehKpp | **Simu** | AblAusl | Schule

Raumdaten
Raumnummer: R 0,21 Raumbezeichnung: KITA-Gruppenraum
Raumluftvolumen: 95,13 [m³]

Personendaten
Anzahl der Personen: 17,0 [-]
CO2-Produktion: 13,4 [l/(h P)]
Belegungszeit im Raum: 240 [min]

CO2-Daten
CO2-Konzentration Zuluft: 450 normale Aul [ppm]
CO2-Anfangskonzentr. Raumluft: 450 durchlüftet [ppm]

Zuluftzustand
Luftdruck: 1010 [hPa]
Zulufttemperatur in den Raum: 5,0 [°C]
Zuluftfeuchtegehalt in den Raum: 3,0 [g/kg]
relative Zuluftfeuchte: 55,6 [%]

Raumparameter
Faktor Feuchtespeicherung: 5,0 [-]
Raumlufttemperatur: 20,0 [°C]
Feuchtelast in Belegungszeit: 850 [g/h]
relative Anfangsluftfeuchte: 50 [%]
absoluter Anfangsfeuchtegehalt: 7,3 [g/kg]

Ergebnis Raumluftqualität
CO2-Endkonzentration Raumluft: 1215 [ppm]
CO2-Mittelkonzentration Raumluft: 1154 [ppm]
Luftwechselrate: 3,15 [1/h]
Personenlufttrate: 17,6 [m³/(h Pers.)]
Prozentsatz der Unzufriedenen: 22,2/20,9 [%End/%Mit]

Ergebnis Raumluftfeuchte/Lüftungsheizlast
relative Endluftfeuchte: 37,2 [%]
absoluter Endfeuchtegehalt: 5,4 [g/kg]
Lüftungsheizlast trocken: 1582,1 [W]
Lüftungsheizlast feucht: 646,9 [W]
Lüftungsheizlast gesamt: 2229,0 [W]

Zuluftvolumenstrom VolZu installiert: 300,0 [m³/h]

Berechnen | Alles kopieren | VolZu kopieren | Zur Lüftungszone

CSE Nadler OK Abbrechen Öffnen Speichern unter Info Hilfe

In diesem Reiter wird die sich einstellende CO₂-Konzentration und Raumluftfeuchte bei einem ausgewählten bzw. installierbaren Zuluftvolumenstrom ermittelt. Die Stufung im Volumenstrom der erhältlichen Ventilatoren wird selten mit dem errechneten Wert übereinstimmen. Welche Raumluftqualität tatsächlich durch die installierte Lüftungsanlage bzw. Fensterlüftung voraussichtlich geliefert wird, kann mit dem Reiter Simu rechnerisch nachgewiesen werden.

Wird der Zuluftvolumenstrom mit volumenstrombasierten Methoden berechnet, z.B. mit der DIN 1946-6 [7], kann hier auch eine Qualitätsprüfung für einzelne Räume 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 Lüftungsheizlast für die Heiz- und Kühllastberechnung ausgegeben, wobei man den Anteil der feuchten Lüftungsheizlast 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 Raumluftqualität.

Auslegung der Abluftvolumenströme mit 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 [15] vorgeschrieben. Beide Möglichkeiten sind im Reiter AblAusl gegeben. Es ergeben sich hier Volumenströme, die in ihrer Höhe und in

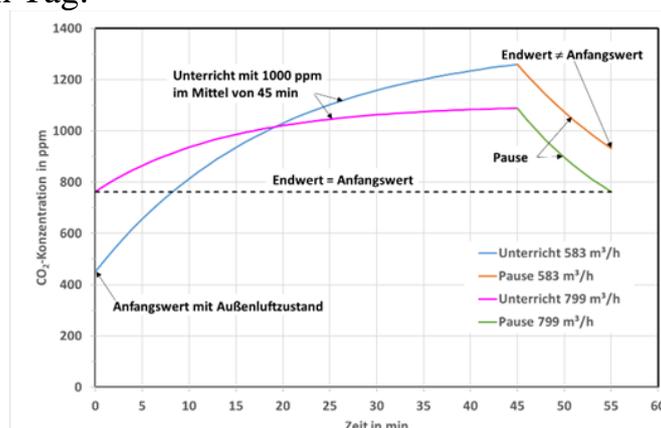
der Betriebsweise der gemäß dieser Richtlinie noch gültigen DIN 18017-3:2009-09 [16] entsprechen, wodurch auch die vereinfachten Brandschutzanforderungen bestehen bleiben.

Für Nichtwohngebäude wird der Abluftvolumenstrom in Sanitarräumen gemäß ASR A4.1 [17] 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 Raumluftwchsel 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.

Schullüftung mit Reiter Schule

Legt man den Volumenstrom nur für die Unterrichtszeit aus (z.B. im Reiter HygAusl), kann es vorkommen, dass dieser Volumenstrom nicht ausreichend ist, um in der nachfolgenden kurzen Pause die CO₂-Konzentration auf die angenommene CO₂-Anfangskonzentration für den Unterricht herunterzubringen. Das folgende Bild zeigt, dass mit einem Volumenstrom von 583 m³/h der CO₂-Startwert für die folgende Unterrichtszeit nach der Pause wesentlich höher ist als der CO₂-Außenluftzustand. Die Folge wäre ein Hochschaukeln der CO₂-Konzentration über den Tag.



The screenshot shows the MindLW 10.0 software interface. The main window is titled "MindLW 10.0 - P:\MindLW\MindLW_Klassenraum.INI". The interface is divided into several sections:

- Raumdaten:** Raumnummer: 03-1, Raumbezeichnung: Klassenraum Grundschule, Raumluftvolumen: 186.30 [m³], Fußbodenfläche: 69.00 [m²].
- CO2-Randbedingungen:** CO2-Konzentration Zuluft: 450 normale Außenluft [ppm], CO2-Auslegungskonzentration: 1000 Pettenkofer [ppm]. Options for "Maximum" and "Mittelwert" are available. Other parameters include Höhenlage über NN: 80 [m], Raumlufttemperatur: 20.0 [°C], Luftdruck: 1010 [hPa], and standards like DIN EN ISO 8996 and Persily/de Jonge.
- Unterrichtszeit:** Belegungszeit im Raum: 45 [min], Lüftungseffektivität: 1,0 Mischlüftung [-].
- Pause:** Belegungszeit im Raum: 10 [min], Lüftungseffektivität: 1,0 Mischlüftung [-].
- CO2-Produktion in Unterrichtszeit (U) und Pause (P):** A table with columns: Anzahl, Alter, männlich, Aktivität, CO2Set/Kommentar, CO2_Prod, CO2_Prod.

Anzahl	Alter	männlich	Aktivität	CO2Set/Kommentar	CO2_Prod	CO2_Prod
[-]	[Jahre]	[%]	[met]	[-]	[l/(h Pers.)]	[l/h]
U	30	12	50 1.5		16.6	497.0
U	1	40	100 1.6		23.5	23.5
P	0	12	50 1.5		0.0	0.0
P	0	40	100 1.6		0.0	0.0
- Ergebnisse:** CO2-Produktion gesamt in U/P: 521/0 [l/h], Volumenstrom errechnet in U/P: 799.4/799.4 [m³/h]. Max/Mittel CO2-Konzentration in Unterrichtszeit: 1088/1000 [ppm]. CO2-Anfangskonzentration zum Unterrichtsbeginn: 762 [ppm]. Personenluftrate im Unterricht: 25.8 [m³/(h P)].

Buttons at the bottom include "Berechnen", "Alles kopieren", "VolSchule kopieren", "Zur Lüftungszone", "OK", "Abbrechen", "Öffnen", "Speichern unter", "Info", and "Hilfe".

In MindLW ist ein Konzept für die Schullüftung umgesetzt, welches von einem dauernden Wechsel zwischen Unterricht und Pause ausgeht. Man erspart sich dadurch die Eingabe und Simulation eines Tagesstundenplanes wie es die VDI 6040-2 vorsieht. Im obigen Beispiel hat MindLW 10 als CO₂-Anfangskonzentration für den Unterricht 762 ppm statt 450 ppm für den mit Außenluft durchlüfteten Zustand ermittelt. Dazu wurde der Volumenstrom auf 799 m³/h (+37 %) erhöht.

Für Unterricht und Pause können unterschiedliche Lüftungssysteme angenommen werden, welche sich durch die Lüftungseffektivität unterscheiden, z.B. zusätzliche Fensterlüftung nur in der Pause. Es ist auch eine freie Eingabe der Volumenströme für Unterricht und Pause möglich, mit der man die sich einstellende CO₂-Konzentration überprüfen kann.

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 mitgelieferte Excel-Vorlage in ein Blatt mit dem gleichen Reiter-Namen per Hand eingefügt. 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. Die Ergebnisse des Reiters mit dem höchsten erforderlichen Zu-/Abluftvolumenstrom sollten dabei gewählt werden.

Es werden von MindLW nur die Mindestanforderungen an den Volumenstrom raumweise berechnet. Die planmäßigen Luftströmungswege mit den zugehörigen Volumenströmen innerhalb der Lüftungszone muss der Planer selbst bestimmen. Hierzu ist in der Excel-

Vorlage ein weiteres Blatt enthalten. Dadurch besteht die größtmögliche Flexibilität bei der Lüftungsplanung für moderne Grundrisse oder unterschiedliche Lüftungssysteme.

Die Bedienungsanleitung umfasst 49 Seiten und hat ein Inhalts- und Stichwortverzeichnis mit Link-Verweise, die man mit der Mouse anklicken kann. Sie wird direkt aus MindLW heraus aufgerufen (Button Hilfe).

Literatur

- [1] Amtsblatt der Europäischen Union: RICHTLINIE (EU) 2024/1275 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 24.04.2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung).
- [2] Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil I: Bildungseinrichtungen. Bundesgesundheitsblatt 2018 · 61:239–248. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2018
- [3] Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Teil II: Wohngebäude. Umweltbundesamt September 2020.
- [4] ASR A3.6:2018-05: Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR) – Lüftung. Ausschuss für Arbeitsstätten – BAuA – www.baua.de.
- [5] RLT – Anlagen 2023. Hinweise zur Planung und Ausführung von Raumluftechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude. Empfehlung Nr. 166. Stand: 01.07.2023. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV).
- [6] VDI 6040 Blatt 2:2015-09: Raumluftechnik - Schulen - Ausführungshinweise (VDI-Lüftungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien).
- [7] DIN 1946-6:2019-12: Raumluftechnik — Teil 6: Lüftung von Wohnungen — Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung.
- [8] Beike, M.; Nadler, N.: Lüftungskonzept mit Fensterlüftung. TGA Fachplaner 03/2020, S. 48-61. Gentner Verlag. Siehe www.cse-nadler.de.
- [9] DIN EN 16798-1:2022-03: Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik.
- [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 ISO 8996:2022-10: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes.

- [12] Persily, A. und de Jonge, L.: Carbon dioxide generation rates for building occupants. *Indoor Air*. 2017;27:868–879. <https://doi.org/10.1111/ina.12383>
- [13] DIN/TS 4108-8:2021-12: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden –Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden
- [14] DIN 4108-2:2013-02: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth-Verlag.
- [15] 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.
- [16] DIN 18017-3:2009-09: Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren
- [17] ASR A4.1:2017: Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR) – Sanitärräume. Ausschuss für Arbeitsstätten – BAuA – www.baua.de.