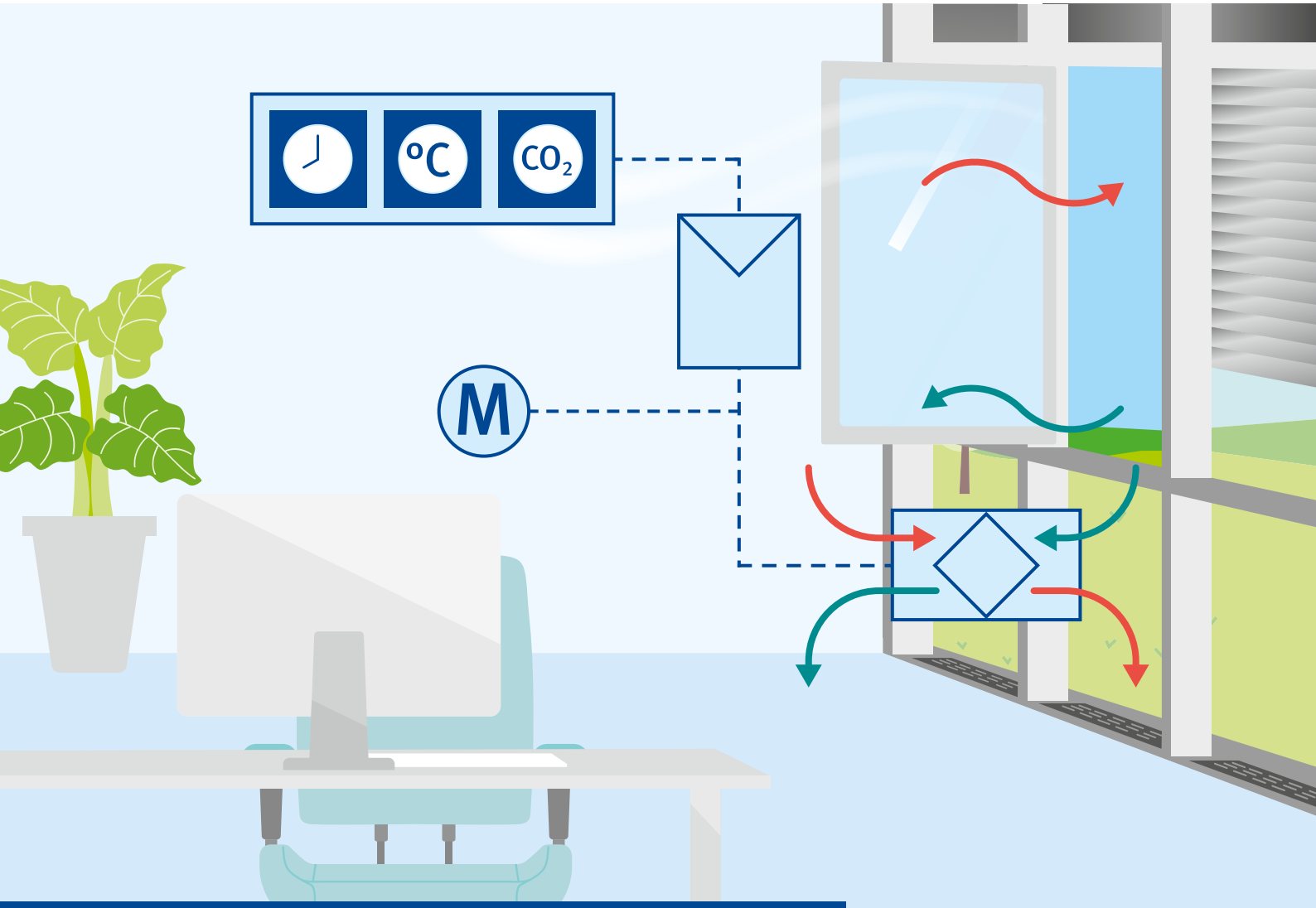
DGUV
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Spitzenverband

Vorschriften- und Regelwerk



Lüftungskonzepte für eine gute Innenraumluftqualität

Ermitteln, beurteilen, sicherstellen

DGUV Information 215-550

Impressum

Herausgegeben von: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Klima am Arbeitsplatz, Fachbereich Verwaltung der DGUV

Ausgabe: Mai 2025

Satz und Layout: Atelier Hauer + Dörfler, Berlin

Druck: MAXDORNPRESSE GmbH & Co. KG, Obertshausen

Bildnachweis: Titelbild, Abb. 1, 4, 7-15, 21, 22: © DGUV - KonzeptQuartier; Abb. 2: © Volker Ohlig, BGHM, erstellt durch: KonzeptQuartier; Abb. 3, 19: © Volker Ohlig, BGHM, erstellt durch: Atelier Hauer + Dörfler, Berlin; Abb. 5, 6: © C. Jehn, VBG, erstellt durch: KonzeptQuartier; Abb. 16-17, 20: © Dr. J. Bechem, BG ETEM; Abb. 18 oben: © BGN/Jedermann-Verlag GmbH;

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bezug: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen › Webcode: p215550

Lüftungskonzepte für eine gute Innenraumluftqualität

Ermitteln, beurteilen, sicherstellen

DGUV Information 215-550 Mai 2025

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Vorbemerkung und Anwendungsbereich ... 5

2 Rechtlicher Rahmen ... 6

3 Luftqualität ... 8
3.1 Außenluftqualität ... 8
3.2 Innenraumluftqualität ... 9

4 Ermittlung und Beurteilung von Qualitätsmerkmalen der Innenraumluft ... 14
4.1 Vereinfachte Ermittlung und Beurteilung ... 14
4.2 Messtechnische Ermittlung der Innenraumluftqualität ... 15
4.3 Beurteilungskriterien für die Innenraumluftqualität ... 17
4.3.1 Kohlendioxid (CO_2) ... 17
4.3.2 Weitere Stofflasten ... 17
4.3.3 Wärme- und Feuchtelasten ... 21

5 Maßnahmen für gesunde Innenraumluft ... 23

6 Arten des Lüftens ... 24
6.1 Übersicht ... 24
6.2 Freie Lüftung ... 25
6.3 Technische Lüftung ... 27
6.4 Hybride Lüftung ... 29

7 Empfehlungen für Lüftungskonzepte ... 30
7.1 Grundlagen eines Lüftungskonzeptes ... 30
7.2 Lüftungskonzept für eine freie Lüftung ... 30
7.3 Lüftungskonzept für eine technische Lüftung ... 33
7.3.1 Neubau und Sanierung ... 34
7.3.2 Bestandsgebäude ... 36
7.3.3 Empfehlungen für Bildungseinrichtungen ... 37

8 Einsatz von Luftreinigern ... 38

Seite

Anhang

Anhang 1
Beschreibung und Funktionsprinzipien von Systemen zur Lüftung ... 40

Anhang 2
Vorlage Lüftungsplan ... 42

Anhang 3
Nomogramm ... 43

Anhang 4
Berechnungsgrundlagen für den Luftaustausch ... 45

Anhang 5
Checkliste Neubau/Sanierung ... 47

Literaturverzeichnis ... 48

1 Vorbemerkung und Anwendungsbereich

Die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten sowie deren Wohlbefinden in Räumen wird nicht nur durch die Klimaparameter Temperatur, Feuchte und Geschwindigkeit der Luft sowie Wärmestrahlung der Umgebungsflächen bestimmt, sondern auch durch die Innenraumluftqualität. Sie wird maßgeblich durch das Vorhandensein von Wärme-, Feuchte- und Stofflasten beeinflusst. Die DGUV Informationen 215-520 „Klima im Büro“, 215-540 „Klima in Industriehallen“ und 215-510 „Beurteilung des Raumklimas“ legen ihren Fokus auf Wärme- und Feuchtelasten. Die vorliegende DGUV Information fokussiert Stofflasten und beschreibt vorrangig Parameter, die die Innenraumluftqualität bestimmen sowie Schutzmaßnahmen, um diese nachhaltig zu verbessern. Es wird zudem erläutert, welche gesetzlichen Anforderungen Unternehmerinnen und Unternehmer einhalten müssen.

Die einfachste und wirkungsvollste Maßnahme für eine gute Innenraumluftqualität ist das Lüften. Doch wie wird richtig gelüftet und welche technischen Möglichkeiten gibt es, die Lüftung zu optimieren? Als Indikator für eine gute Raumluftqualität kann die Konzentration von Kohlendioxid (CO_2) in der Raumluft herangezogen werden. Stofflasten können eine Gefährdung darstellen und sollten aus dem Innenraum abtransportiert werden. Stofflasten sind zum Beispiel Viren, Stäube, Pollen oder Emissionen aus Möbeln oder Baustoffen. Diese DGUV Information enthält Empfehlungen, wie eine gesundheitlich zuträgliche Luftqualität an Innenraumarbeitsplätzen sichergestellt werden kann. Hierzu werden unterschiedliche Lüftungskonzepte vorgestellt.

Diese DGUV Information beschreibt, wie das Schutzziel der Arbeitsstättenverordnung erreicht werden kann, „gesundheitlich zuträgliche Atemluft“ im Arbeitsraum sicher zu stellen. Anforderungen, die aus der Gefahrstoffverordnung, der Biostoffverordnung oder aus verfahrenstechnischen Prozessen resultieren, werden nicht betrachtet.

2 Rechtlicher Rahmen

Der Begriff „Innenraum“ wurde in Deutschland im Jahr 1987 durch den Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) wie folgt beschrieben: Büros, Verkaufsräume, Schulen, Kindergärten, Theater, Sporthallen können exemplarisch für Innenräume, die zugleich auch Arbeitsplätze darstellen, genannt werden. [1]

Unter Innenraumarbeitsplätzen sind daher alle Arbeitsplätze in Räumen oder Hallen zu verstehen, die nicht unter den Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) oder der Biostoffverordnung (BioStoffV) fallen. Arbeitsräume, die durch große Feuchtelasten belastet sind, wie beispielsweise Großküchen oder Wäschereien, sind ebenso Innenraumarbeitsplätze.

Im Unternehmen zählen neben Arbeitsräumen auch Sanitär-, Pausen- und Bereitschaftsräume, sowie Erste-Hilfe-Räume, Kantinen und Unterkünfte zu Innenräumen.

Durch die Digitalisierung und Flexibilisierung der Arbeitswelt rücken zudem Telearbeitsplätze und das mobile Arbeiten insbesondere im Homeoffice in den Fokus. Auch wenn Telearbeitsplätze nur teilweise und Homeoffice-Arbeitsplätze gar nicht in den Geltungsbereich der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) fallen, können diese Arbeitsplätze auch als Innenraumarbeitsplätze angesehen werden. Daher sollte hier die Innenraumluftqualität vergleichbar sein mit der Innenraumluftqualität in Arbeitsräumen in klassischen Bürogebäuden.

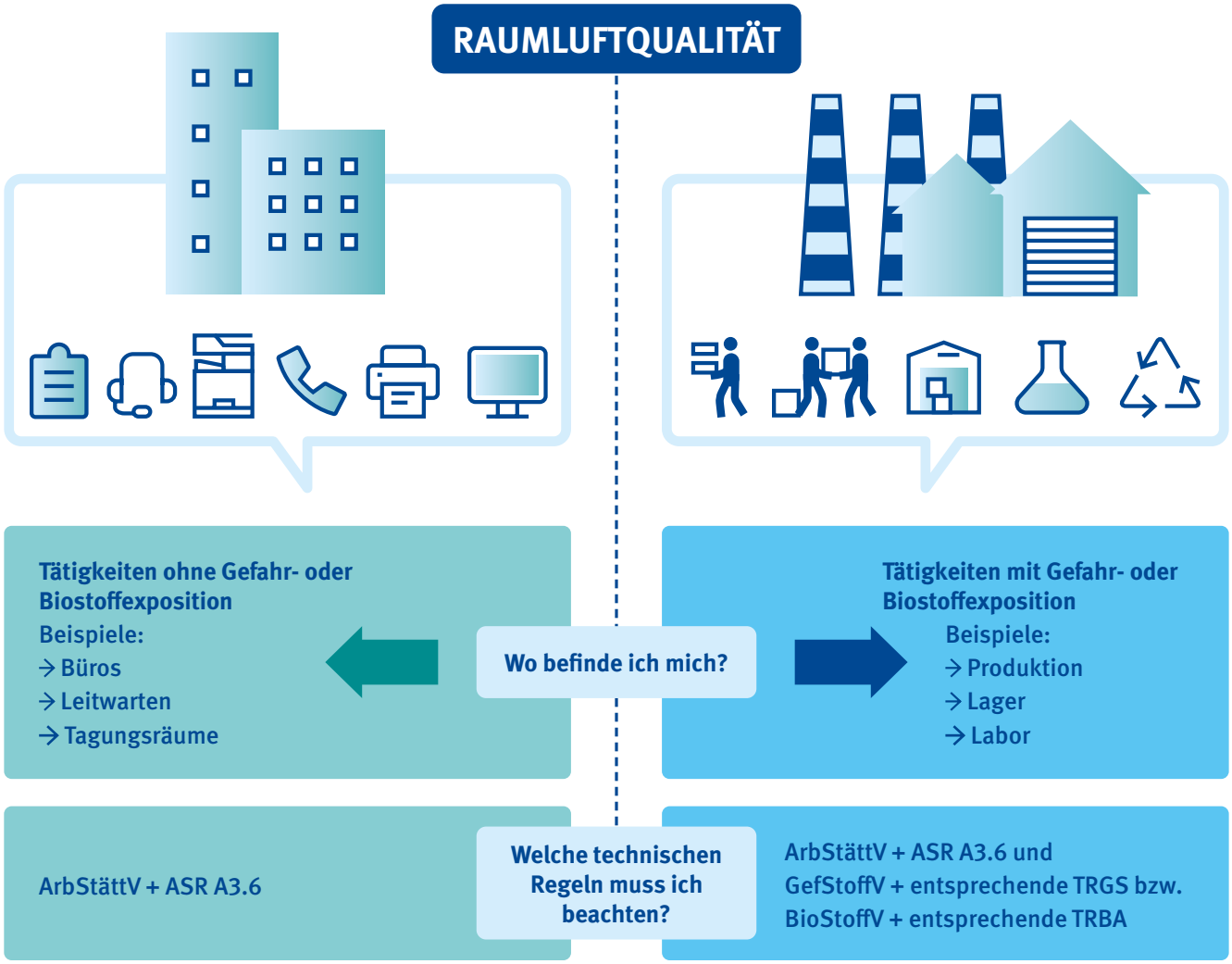


Abb. 1 Regelungsinhalte der Arbeitsstättenverordnung in Abgrenzung zur Gefahrstoff- bzw. der Biostoffverordnung

Die Anforderungen an die Innenraumluft bzgl. Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten resultieren aus dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG); nach § 5 Abs. 3 können sich Gefährdungen aus der Gestaltung der Arbeitsstätte und durch physikalische Einwirkungen ergeben. Konkretisiert wird dies über die ArbStättV. Im Anhang 3.6 Abs. 1 wird gefordert, dass unter Berücksichtigung des spezifischen Nutzungszwecks, der Arbeitsverfahren, der physischen Belastungen und der Anzahl der Beschäftigten sowie der sonstigen anwesenden Personen während der Nutzungsdauer ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein muss. Die allgemeinen Anforderungen aus der ArbStättV werden unter anderem mit der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ konkretisiert. Hier wird im Abschnitt 4.1 Abs. 1 klargestellt, dass der Maßstab für die Qualität der Innenraumluft die Außenluft ist, d. h. dass die gesundheitlich zuträgliche Atemluft im Innenraum in der Regel der Außenluftqualität entsprechen soll. Die ASR A3.6 „Lüftung“ regelt Beeinträchtigungen der Innenraumluftqualität durch Stoff-, Feuchte- oder Wärmelasten. Sie dient insbesondere der Verbesserung der durch den Aufenthalt von Personen verschlechterten Raumluft, z. B. durch den erhöhten CO_2-Gehalt ausgeatmeter Luft. Neben diesen rechtlichen Vorgaben existieren eine ganze Reihe von Normen, Richtlinien (z. B. DIN, VDI) und Informationsschriften der Länder und der Unfallversicherungsträger (UVT), die sich mit Fragestellungen zur Innenraumluftqualität befassen.

Sofern in Innenräumen Tätigkeiten mit Gefahr- oder Biostoffen durchgeführt werden, sind bzgl. der Stofflasten Bewertung und Maßnahmen auf der Grundlage der Anforderungen der GefStoffV und ihrer Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) bzw. der BioStoffV und ihrer Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) vorzunehmen. In manchen Arbeitsräumen der Industrie, des Gewerbes oder des Handwerkes liegen einzelne Arbeitsplätze, an denen Gefahr- bzw. Biostoffe freigesetzt werden, in der Nähe von Innenraumarbeitsplätzen. In solchen Arbeitsräumen ist darauf zu achten, dass die Abgabe der Gefahr- bzw. Biostoffe in die unbelasteten Arbeitsbereiche wirksam verhindert wird. Entsprechende Maßnahmen dafür werden in der DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ beschrieben. Die vorliegende DGUV Information geht nicht darauf ein. Abbildung 1 verdeutlicht die unterschiedlichen Regelungsinhalte der ArbStättV in Abgrenzung zur GefStoffV bzw. der BiostoffV.

3 Luftqualität

3.1 Außenluftqualität

Die Qualität der Raumluft wird unter anderem von der Qualität der Außenluft bestimmt, die durch Lüftung in die Arbeitsstätte gelangt. Unter Lüftung (siehe Kapitel 6) wird die Erneuerung der Raumluft durch Zuführung von Außenluft verstanden.

Die Außenluft ist ein Gasgemisch, das sich im trockenen Zustand aus den Hauptbestandteilen Stickstoff (78,08 Vol.-%), Sauerstoff (20,95 Vol.-%), Edelgasen (wie z. B. Argon, Helium, Krypton und Xenon) und anderen Spurenstoffen (wie z. B. Kohlendioxid, Methan, Wasserstoff, Distickstoffmonoxid und Kohlenmonoxid), deren Anteil zusammen unter 1 Vol.-% liegt, zusammensetzt.

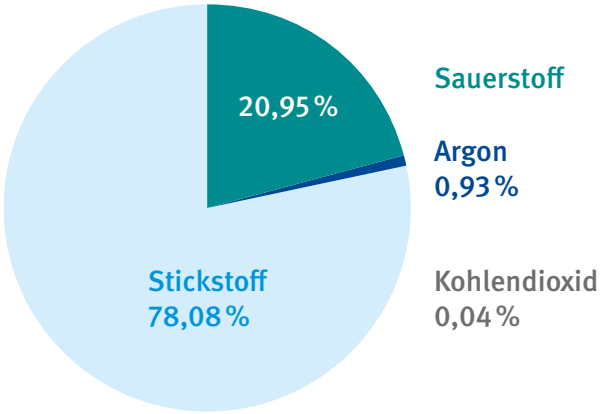


Abb. 2 Zusammensetzung des Gasgemisches Luft in Volumenprozent

Ein zusätzlich wichtiger Bestandteil in der Außenluft ist Wasserdampf, der bis zu seiner druck- und temperaturabhängigen Sättigungskonzentration unsichtbar gelöst ist – oberhalb dieser Konzentration bilden sich z. B. Nebel und Wolken.

Die Luft enthält neben den genannten Gasen insbesondere:

- Staubpartikel
- Aerosole (kleine, in der Luft schwebende feste und flüssige Partikel)
- Schwefel- und Stickstoffverbindungen
- flüchtige organische Verbindungen
- organische Partikel (z. B. Pollen, Pilzsporen)
- Ozon (Sekundärprodukt, regionale und zeitliche Unterschiede)

Kommen die zuletzt genannten Bestandteile nur in geringer Konzentration in der Luft vor, spricht man von guter Luftqualität. Dies gilt für Außenluftqualität als auch für die Innenraumluftqualität.

Autoabgase, Reifenabrieb und Abgase aus der Industrie führen insbesondere in städtischen Bereichen zu Belastungen in der Außenluft. Seit den 70er Jahren konnten durch Einführung von Immissionsgrenzwerten im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) Belastungen aus Industrie, Verkehr und privaten Heizungsanlagen gesenkt werden. Zudem verständigte man sich auf eine Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft in Europa (Richtlinie 2008/50/EG). Die Belastung der Atmosphäre mit Feinstaub, Schwefeldioxid und flüchtigen organischen Ver-

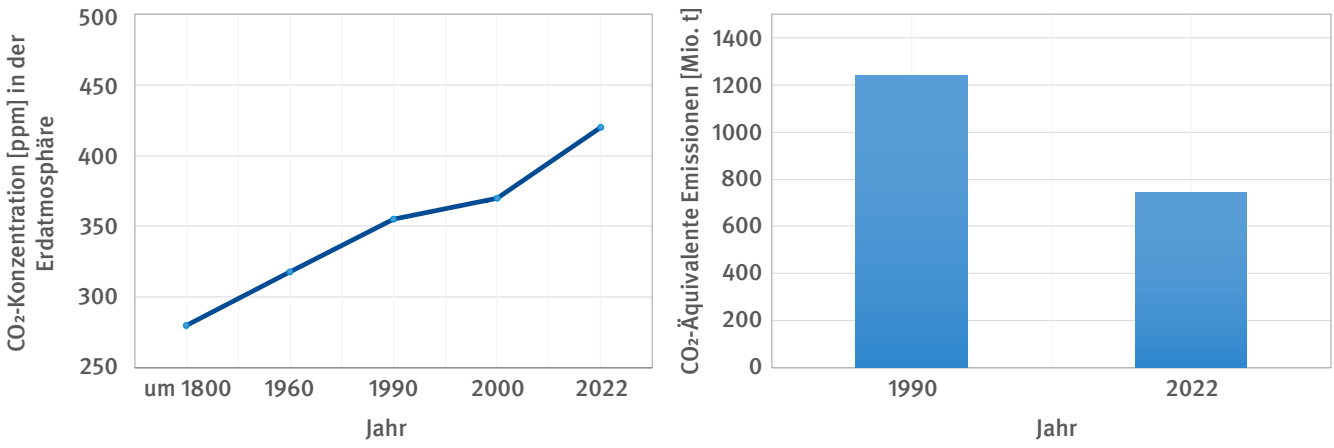


Abb. 3 Entwicklungstrend CO_2-äquivalente Emissionen in Mio. t und der CO_2-Konzentration in der Erdatmosphäre der letzten Jahrzehnte

bindungen (ohne Methan, CH_4) ist in den letzten dreißig Jahren deutlich zurückgegangen. Der Klimawandel, der mit einer globalen Erderwärmung einhergeht, wird unter anderem durch unser menschliches Verhalten durch den Ausstoß verschiedener klimaschädlicher Gase verursacht. Hierzu zählen vor allem Kohlendioxid (CO_2), gefolgt von Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). Diese Gase sind unterschiedlich klimaschädlich und verweilen unterschiedlich lange in der Atmosphäre. So ist CH_4 21-mal so schädlich wie CO_2 und N_2O 310-mal so schädlich wie CO_2. Zur Vereinfachung wurde deshalb das sog. CO_2-Äquivalent (CO_2e) eingeführt: Das CO_2e ist eine Maßeinheit, die den Effekt aller menschengemachten Klimagase für das Weltklima vergleichbar machen soll. In dieser Angabe werden somit der Ausstoß und gleichzeitig die Klimawirkung verschiedener klimaschädlicher Gase zum Ausdruck gebracht. Die Emissionen sanken in Deutschland von 1251 Millionen t CO_2-Äquivalente 1990 auf 746 Millionen t CO_2-Äquivalente im Jahr 2022. [2] Einmal ausgestoßenes CO_2 (Emissionen) reichert sich in der Atmosphäre an und verbleibt dort langjährig. Die weltweite CO_2-Konzentration in der Außenluft lag im Jahr 2022 bei ca. 420 ppm. Die CO_2-Konzentration in vorindustrieller Zeit lag bei etwa 280 ppm. [3]

Der kontinuierliche Anstieg der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre führt in Kombination mit der Sonneneinstrahlung auf die Erde zu einem Temperaturanstieg der Erdatmosphäre. Dies wirkt sich schon jetzt global als Klimawandel aus. In Europa führt der Temperaturanstieg unter anderem auch zu einer Verlängerung der Pollenflugdauer.

Weiterführende Informationen zur Außenluftqualität

- *Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa*
- *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchV)*
  https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/
- *Luftschadstoff-Emissionen in Deutschland | Umweltbundesamt*
  https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland

3.2 Innenraumluftqualität

Die Luftqualität in Innenräumen wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Dazu zählen Ausdünstungen aus Materialien oder Stoffe, die Menschen selbst abgeben, Partikel sowie Biostoffe. Aber auch das Raumklima beeinflusst die empfundene Luftqualität. Beispiele zu den jeweiligen Faktoren sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 Einflussfaktoren auf die Innenraumluftqualität mit Beispielen

Einflussfaktoren auf die Luftqualität in Innenräumen	Beispiele
Ausdünstungen aus Materialen	Möbel, Fußbodenbelag, Arbeitsmittel
Stoffe, die Menschen selbst abgeben	durch Atmung, Pflegeprodukte, Duftstoffe
Partikel	Feinstaub oder Pollen
Biostoffe	Krankheitserreger, Bakterien
Raumklima	Raumtemperatur und Luftfeuchte

Die verschiedenen Quellen im Innenraum können eine Vielzahl an unterschiedlichen Stoffen in den Raum abgeben. Zudem können Einträge aus der Außenluft (z. B. Pollen, Staub) oder der Bodenluft (Radon) in die Raumluft gelangen. Eine Übersicht gibt Abbildung 4.

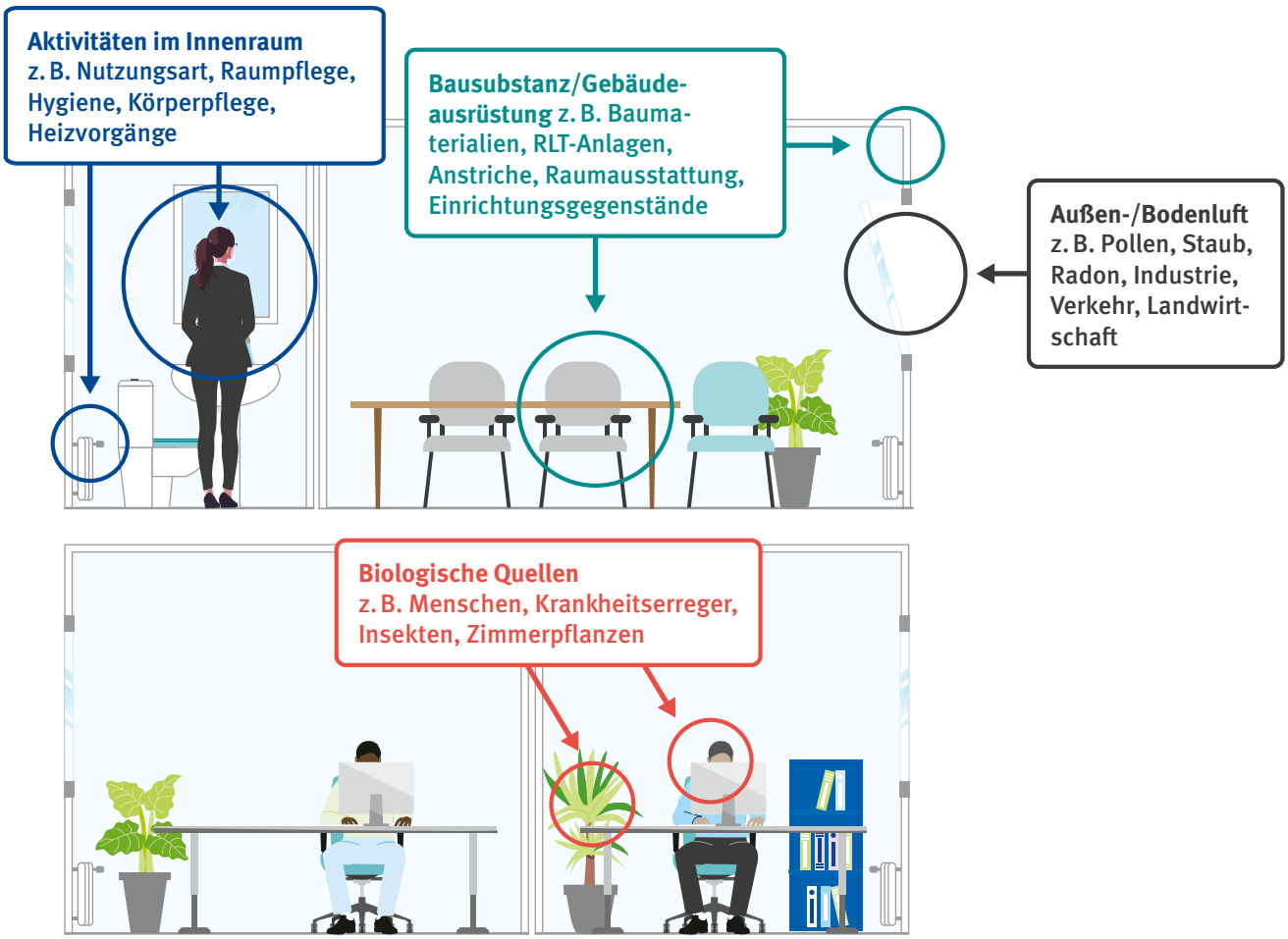


Abb. 4 Beeinflussung der Innenraumluftqualität durch Quellen im Innenraum und aus der Außenluft am Beispiel von Büroarbeitsplätzen

Stofflasten

Die größte Stoffgruppe in der Innenraumluft stellen flüchtige organische Substanzen (engl. volatile organic compounds, VOC) mit über 250 Einzelstoffen dar. Bei einer durchschnittlichen Raumtemperatur von 20 °C liegen die Stoffe zum Teil gasförmig in der Raumluft vor und können teilweise durch ihren Geruch wahrgenommen werden. Das Wort „flüchtig“ beschreibt auch das Verhalten der Stoffe. Durch ausreichendes Lüften können sie, sofern ihre Quelle versiegt ist, beseitigt werden. VOC begegnen uns als Duftstoffe oder Lösungsmittel in Kosmetika, Körperpflegemitteln und Reinigungsmitteln. Sie können von Pflanzen und natürlichen Produkten, z. B. Holz, freigesetzt werden oder werden synthetisch hergestellt und sind dann in vielen Materialien und Gebrauchsmitteln des täglichen Lebens enthalten. Farben, Lacke, Klebstoffe, Fugendichtmassen und Bodenbeläge sind typische Beispiele für Bauprodukte durch die VOC in den Innenraum eingebracht werden können. Einrichtungsgegenstände können synthetische Bestandteile, z. B. Leime in Holzspanplatten, Laminierungen, Oberflächenbeschichtungen, oder natürliche Bestandteile, z. B. Holz, Leinöl, enthalten, die zu Ausdünstungen führen können. Üblicherweise sollten VOC im Innenraum in nicht wahrnehmbaren Konzentrationen auftreten, aber nach Renovierungsarbeiten, Umbaumaßnahmen oder Sanierungen können die Konzentrationen deutlich höher sein.

Tabelle 2 Mögliche VOC-Quellen in Innenräumen

Substanzgruppe	Beispiele typischer Verbindungen	Mögliche Quellen und Hauptverwendungen
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	Alkane, Alkene, Cycloalkane	Heizöl, Benzin, Lösungsmittel auf Mineralölbasis
Aromatische Kohlenwasserstoffe	Benzol, Xylole, Naphthalin, Benzaldehyd	Bodenbeläge, Farben, Klebstoffe, Kosmetika
Alkohole	n-Butanol, 2-Ethoxy-1-hexanol	Lösemittel in Farben, Lacke und Klebstoffe, Kosmetika
Aldehyde	Hexanal, Acetaldehyd	Bodenbeläge, Parfum, Farben, Lacke
Ketone	Butanon, 2-Methylpentan-2-on	Lösemittel in Lacke, Farben und Klebstoffe
Ester	Ethylacetat, n-Butylacetat	Lösemittel in Lacke, Farben und Klebstoffe, Aromastoffe, Lebensmittel
Glykolverbindungen	1,2-Propylenglykol, 2-Phenoxyethanol	Lacke, Klebstoffe, Druckfarben, Parfum, Kosmetika
Terpene	Limonen, Pinen	Holz, Reinigungsmittel, Kosmetika, Lebensmittel
Siloxane	Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)	Fugendichtmasse, Farben, Lacke, Kosmetika, Körperpflegemittel

Neben den VOC gibt es auch die Gruppe der VVOC (very volatile organic compounds), der sehr leicht flüchtigen organischen Verbindungen und die Gruppe der MVOC (microbial volatile organic compounds), der mikrobiellen flüchtigen organischen Verbindungen. Der bekannteste Vertreter der VVOC ist Formaldehyd, das z. B. durch Holzparkettkleber, Sperrholz und Leimholzplatten sowie Harnstoff-Formaldehyd Ortsschäume in den Innenraum eingebracht werden kann. MVOC sind geruchsintensive Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen, Bakterien oder Hefen. Die Summe aller VOC in der Innenraumluft wird als Gesamt-VOC oder TVOC („Total Volatile Organic Compounds“)-Wert dargestellt.

In Bestandsgebäuden können Gefahrstoffe, die heutzutage verboten sind, verbaut worden sein. Dies gilt insbesondere für Gebäude, die vor 1990 errichtet wurden. Zu den bekanntesten Vertretern dieser Gebäudealtlasten zählen Asbest, alte Mineralwolle, Holzschutzmittel, z. B. Lindan und Pentachlorphenol (PCP), polychlorierte Biphenyle (PCB) oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Bei Sanierungen, Umbaumaßnahmen und Modernisierungen, z. B. dem Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS) können diese Stoffe in den Innenraum gelangen. Daher ist vor Beginn solcher Baumaßnahmen im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob in dem Gebäude Gefahrstoffe verbaut wurden und bei Baumaßnahmen freigesetzt werden könnten. Auch beim Anmieten oder dem Kauf einer Arbeitsstätte in älteren Gebäuden sollte kritisch geprüft werden, ob möglicherweise eine Belastung mit diesen Gefahrstoffen vorliegt. Hierzu empfiehlt es sich Fachleute hinzuzuziehen. In vielen Fällen ist eine gesicherte Aussage nur über Probenahmen und Analysen im Labor möglich.

Tabelle 3 Mögliche Vorkommen von „älteren“ Gefahrstoffen in Innenräumen

Gebäudealtlast	Auswahl an möglichen Vorkommen
Asbest	Brandschutzeinrichtungen, Zementfaserplatten, Fliesenkleber, Spachtelmassen
Alte Mineralwolle	Dämmung
Holzschutzmittel	Holzbalken
PCB	Fugendichtmasse, alte Leuchtstoffröhren, Kondensatoren, Flammschutzanstriche, Farben und Lacke
PAK	Abdichtungen (Flachdach, Keller, ehemalige Feuchträume)

- Veranlasser von Tätigkeiten an baulichen oder technischen Anlagen haben nach §5a GefStoffV eine besondere Mitwirkungs- und Informationspflicht.
- Zudem sind bei Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten, bei denen Kontakt zu Gefahrstoffen besteht, sind die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung einzuhalten.

Zudem können Stäube (z. B. Hausstaub, Abrieb durch Kleidung) im Innenraum vorkommen sowie Pollen, Abgase und Abrieb aus dem Straßenverkehr in den Innenraum eingebracht werden. Stäube und Fasern können, z. B. abhängig von ihrer Herkunft, mit weiteren Stoffen behaftet sein. Sie können natürlichen Ursprungs sein und trotzdem aufgrund ihrer Zusammensetzung eine gesundheitsschädigende oder allergisierende Wirkung besitzen. Die Pollenbelastung an Büroarbeitsplätzen ist in diesen Fällen in etwa mit der ubiquitären Hintergrundbelastung der pollenbelasteten Außenluft gleichzusetzen. Es ist davon auszugehen, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Allergien im Zuge des Klimawandels weiter zunehmen werden. Die Veränderungen der Lufttemperatur und des Niederschlags wirken sich auch auf den Lebensraum von Tieren und Pflanzen aus. Vor allem bei Pflanzen, die Allergien auslösen können, hat dies Einfluss auf die Gesundheit von Beschäftigten. Aufgrund steigender Temperaturen produzieren einige Pflanzen mehr Pollen und das allergene Potential einzelner Pollenarten kann sich durch den Anstieg von CO_2 in der Atmosphäre verstärken. Dies könnte zur Folge haben, dass sich bei Betroffenen allergische Reaktionen verlängern oder verstärken.[5]

Insbesondere Drucker und Kopierer standen im Verdacht, eine mögliche Staub- und Emissionsquelle im Büro darzustellen. Laserdrucker und Kopierer setzen heutzutage kaum messbare Mengen an Gefahrstoffen, z. B. Ozon, frei. Die gängige Laserdruckertechnologie arbeitet völlig ozonfrei. Zudem verfügen viele Geräte über Filter, so dass bei einem ordentlich gewarteten Gerät keine Probleme auftreten. Gleiches gilt für Tonerstaub. Die möglichen Staubemissionen während des Druckens bestehen vor allem aus Papierstaub. Bei Tintenstrahldruckern wird meist Alkohol (Isopropanol) als Lösemittel der Tinten verwendet. Dieser wird beim Drucken freigesetzt, so dass er in der Nähe des Druckers wahrgenommen werden kann.

Seit einigen Jahren sind auch 3D-Tischdrucker im modernen Büroalltag häufig anzutreffen. In Büros werden insbesondere Prototypen, Modelle und Kunst- oder Werbeobjekte gefertigt. Je nach Fertigungsverfahren und Werkstoff können Emissionen, z. B. Gerüche und VOC, auftreten, die durch einen sicheren Betrieb und eine Anwendung nach Herstellerangaben verringert werden können.

An Innenraumarbeitsplätzen kann auch ionisierende Strahlung, in erster Linie durch das natürlich vorkommende radioaktive Edelgas Radon, auftreten. In manchen Regionen in Deutschland kann das aus dem Erdreich aufsteigende Gas in Innenräume gelangen, denn Radon ist ein natürlicher Bestandteil in einigen Gesteinen. Die gesundheitsschädigende Wirkung begründet sich auf der physikalischen Wirkung der radioaktiven Strahlung.

Feuchteschäden, durch z. B. ein defektes Wasserrohr oder nicht ausreichend abgedichtete erdreichberührende Außenwände können zu einer mikrobiellen Belastung in der Arbeitsstätte führen. Schimmelpilze, Bakterien und weitere Mikroorganismen benötigen meist Wasser, organisches Material (z. B. Hausstaub, Tapete) und einen gewissen Temperaturbereich zum Entstehen und Überleben. Auch eine zu hohe Luftfeuchte und ausgekühlte Wände können das Wachstum von Schimmelpilzen begünstigen. Arbeitsstätten, in denen prozesstechnisch hohe Luftfeuchten (z. B. Küchen, Wäschereien, Schwimmbäder) zu erwarten sind, werden meist bautechnisch so ausgestattet, dass ein mikrobieller Befall verhindert wird. In typischen Büro- und Verwaltungsgebäuden können durch „falsches“ Lüftungsverhalten, wie z. B. zu langes Stoßlüften im Winter oder Dauerkippstellung von Fenstern, Gebäudeteile auskühlen. Die ausgekühlten Wände, Fußböden und Decken lassen ein unbehagliches Raumklima entstehen und können bei vorhandenen Feuchtelasten die Entstehung von Kondenswasser und den Befall von Schimmelpilzen begünstigen. Schimmelpilzsporen, Bakterien und weitere Mikroorganismen sind stets sowohl in der Außenluft als auch in der Innenraumluft vorhanden. Zu hohe Konzentrationen an Schimmelpilzsporen, Bakterien oder Viren können der menschlichen Gesundheit schaden. Die Sanierung eines Schimmelpilzschadens am Gebäude sollte sachkundig unter Einhaltung von Schutzmaßnahmen erfolgen. In der DGUV Information 201-028 „Gesundheitsgefährdungen durch Biostoffe bei der Schimmelpilzsanierung“ werden entsprechende Schutzmaßnahmen beschrieben.

Bei der Ermittlung (Kapitel 4.1) und der Beurteilung (Kapitel 4.2) von Beeinträchtigungen der Innenraumluftqualität muss stets berücksichtigt werden, dass es Personengruppen gibt, die besonders empfindsam auf ihre Umgebung reagieren können oder besonderen Schutzbedarf aufzeigen. Zu diesen Personengruppen zählen insbesondere Vorerkrankte, z. B. Personen mit einer chronischen Atemwegserkrankung oder immungeschwächte Personen.

Weiterführende Informationen zur Stofflasten am Innenraumarbeitsplatz

- *IFA – Praxishilfen: Innenraumarbeitsplätze*
- *Schadstoffe – Fachportal Innenraumluft NRW*
- *BAuA – baua: Praxis kompakt – Drucker und Kopierer – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*
- *DGUV Information 202-103 „3D-Tischdrucker in Schulen“*

Wärme- und Feuchtelasten

Die Innenraumluft kann auch durch Wärme- und Feuchtelasten beeinträchtigt sein. So führen bestimmte technologische Prozesse besonders viel Feuchtigkeit und Wärme in Arbeitsräume, wie in Wäschereien, Küchen oder medizinischen Bädern. Aber auch im Büro wird von den anwesenden Personen Feuchte und Wärme abgegeben, zudem erzeugen elektrische Geräte Wärme (z. B. Netzteile, Ladegeräte, Drucker, Lampen). Je nach Raumgröße, Personenbelegung und Lüftung kann dies das Raumklima erheblich beeinflussen. Die Anforderungen an die Raumtemperatur und an die maximal zulässige relative Luftfeuchte sind in der ASR A3.5 „Raumtemperatur“ und ASR A3.6 „Lüftung“ beschrieben. Beide Parameter wirken sich auf die Behaglichkeit und das Wohlbefinden der Personen im Raum aus. An Arbeitsplätzen sind untere und obere Grenzen der Raumtemperatur einzuhalten. Die relative Luftfeuchte darf nicht zu einer Belastung der Mitarbeitenden führen, wofür obere Grenzen angegeben werden.

Die Raumtemperatur und die relative Luftfeuchte im Raum werden auch durch den Austausch mit der Außenluft, dem Lüften, beeinflusst. Je nach Temperatur und Feuchte in der Außenluft stellen sich im Raum nach dem Lüften höhere oder niedrigere Werte ein. Wird z. B. kalte und trockene Luft im Winter dem Raum zugeführt und dabei die Lufttemperatur durch die Heizung konstant gehalten, so sinkt dadurch die relative Luftfeuchte deutlich ab – Werte zwischen 20 % und 30 % sind dann normal. (siehe Kapitel 4.2.1 Beurteilungskriterien für Wärme- und Feuchtelasten)

Informationen der DGUV zum Raumklima

- *DGUV Information 215-520 „Klima im Büro“*
- *DGUV Information 215-540 „Klima in Industriehallen“*
- *DGUV Information 215-530 „Klima im Fahrzeug“*
- *DGUV Information 215-510 „Beurteilung des Raumklimas“*

4 Ermittlung und Beurteilung von Qualitätsmerkmalen der Innenraumluft

4.1 Vereinfachte Ermittlung und Beurteilung

Die Ermittlung erfolgt im ersten Schritt im Rahmen der Beurteilung der Arbeitsbedingungen (Gefährdungsbeurteilung) durch den Unternehmer oder die Führungskraft. Beide Personen sollten durch die Fachkraft für Arbeitssicherheit, die Betriebsärztin oder den Betriebsarzt beraten werden. Dabei wird während eines Ortstermins der Zustand des Arbeitsraumes und der Arbeitsumgebung beschrieben (Ermittlung). Unter anderem ist die Raumgröße, Nutzeranzahl, vorhandenes Lüftungs- und Heizkonzept, vorhandene Sonnenschutzvorrichtungen, Vorliegen von Beschwerden von Beschäftigten in Sommer- oder Wintermonaten festzuhalten. Momentaufnahmen, wie Klimaparameter oder die CO_2-Konzentration können orientierend gemessen werden. Weitere Parameter können von Bedeutung sein, wie die Raumausstattung. Der vorgefundene Zustand wird im Schritt Beurteilung mit den aktuellen Anforderungen des Arbeitsstättenrechtes verglichen.

Zudem sind Gespräche mit betroffenen Personen zu führen und mögliche Beschwerden aufzunehmen. Hilfreich kann auch die Anwendung von Ermittlungsbögen, z. B. zum Arbeitsumfeld und Fragebögen, z. B. zur Raumluftqualität sein, um die Beschwerden einer größeren Anzahl an Beschäftigten zu ermitteln und damit die möglichen Probleme eingrenzen zu können. Mit einfachen Handlungshilfen des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) und der DGUV können wichtige raumklimatische Parameter ermittelt und beurteilt werden.

Der Vorteil bei der Anwendung der Handlungshilfen ist, dass im Rahmen der Ermittlung bereits mögliche Maßnahmen und Gestaltungsmöglichkeiten ins Auge gefasst werden können. Liegen bereits Beschwerden vor kann der IAQ-Fragebogen dabei unterstützen, die Ursache einzugrenzen.

Handlungshilfen zur Ermittlung der Innenraumluftqualität:

- *IFA – Praxishilfen: Innenraumarbeitsplätze*
- *IAQ Fragebogen | DGUV Publikationen*
- *DGUV Information 215-510 „Beurteilung des Raumklimas“*

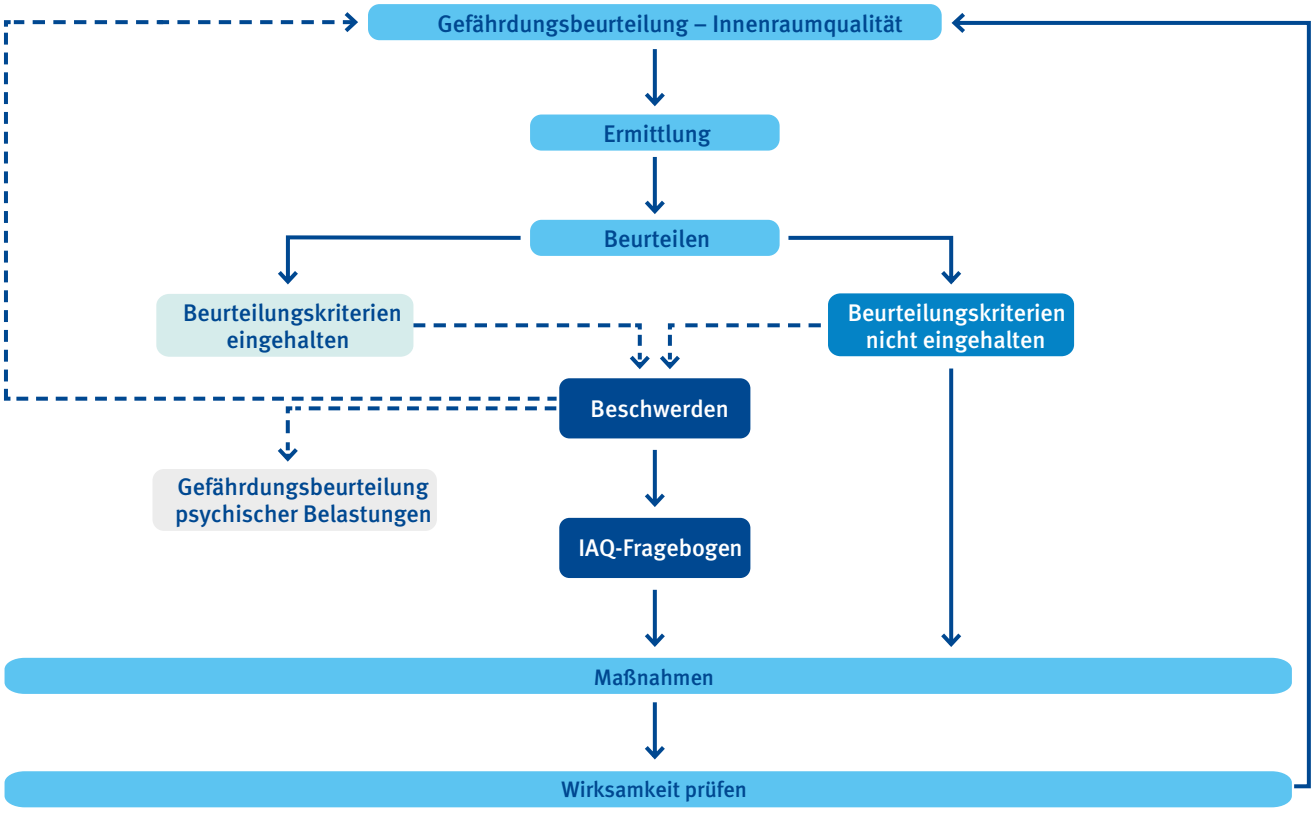


Abb. 5 Vorgehen bei der Gefährdungsbeurteilung zur Innenraumluftqualität

Bei Beschwerden der Beschäftigten über das Raumklima sollten zudem die ergonomischen Bedingungen an den Arbeitsplätzen und die psychischen Belastungen genauer ermittelt werden, um ggf. andere Gründe für arbeitsbedinge Gesundheitsgefahren auszuschließen.

4.2 Messtechnische Ermittlung der Innenraumluftqualität

In Fällen, in denen die Ursachen von Beschwerden der Beschäftigten (z. B. Kopfschmerzen oder Augenreizungen) und anderen Problemen (z. B. unangenehme Gerüche), nicht abgeklärt werden können, sollte das Unternehmen zu Expertinnen und Experten aus der Abteilung Prävention des zuständigen Unfallversicherungsträgers Kontakt aufnehmen.

Diese verfügen über die notwendige Erfahrung zur Beurteilung der Innenraumluftqualität an Arbeitsplätzen und können ggf. Empfehlungen zur Durchführung von Messungen an den betroffenen Arbeitsplätzen durch akkreditierte Messstellen oder den Messtechnischen Diensten der Unfallversicherungsträger (UVT) geben.

Für eine erste Einschätzung ist die Begehung des betroffenen Arbeitsplatzes mit Präventionsexpertinnen und -experten der zuständigen UVT im Rahmen eines vor Ort Termins sinnvoll. Betroffene Beschäftigte, die Fachkraft für Arbeitssicherheit, Vorgesetze und Vertretungen des Personal- oder Betriebsrates – soweit vorhanden – sollten dabei frühestmöglich in das weitere Vorgehen einbezogen werden. Auch die Beteiligung von Vermieterinnen und Vermietern ist ggf. notwendig.

Im Rahmen dieser ersten Begehung sollte dann anhand definierter Kriterien festgelegt werden, welche weiteren Maßnahmen notwendig sind.

Sind die Beschäftigten und sonstige anwesende Personen die bestimmende Ursache für Stofflasten im Raum, ist die CO_2-Konzentration ein anerkanntes Maß für die Bewertung der Innenraumluftqualität. Erfahrungsgemäß haben erhöhte Stofflasten im Raum, die durch eine erhöhte CO_2-Konzentration angezeigt werden können, einen negativen Einfluss auf das Wohlbefinden der Beschäftigten und damit auch auf die Aufmerksamkeitsleistung. Auf die Ermittlung weiterer möglicher Stofflasten wird in der ASR A3.6 „Lüftung“ nicht eingegangen, da davon ausgegangen wird, dass durch Lüftungskonzepte und das Einhalten einer CO_2-Konzentration von max. 1000 ppm weitere Stofflasten keine Belastung am Innenraumarbeitsplatz darstellen. Die Messung von CO_2 erfolgt in der Regel mit direktanzeigenden Messgeräten. Häufig werden z. B. in Bildungseinrichtungen oder Besprechungsräumen sogenannte CO_2-Ampeln eingesetzt, die die Tendenz der CO_2-Konzentration direkt visualisieren.

Je nach der sich ergebenden Fragestellung kann, wenn andere Ursachen für Beschwerden oder unangenehme Gerüche ausgeschlossen werden konnten, eine Messung auf Stofflasten an Innenraumarbeitsplätzen empfohlen werden. Stofflasten können durch chemische, biologische und physikalische Einwirkungen entstehen. Für die weitere Beurteilung ist zu beachten, dass eine Messung immer nur eine Momentaufnahme, der am Tag der Messung vorherrschenden Bedingungen darstellt und es sich dabei nicht um die kontinuierliche Überwachung einer potentiellen Stoffbelastung im Innenraum handelt.

Messtechnische Ermittlung chemischer Einwirkungen
Basierend auf einer vorgegebenen Messstrategie[1] kann eine messtechnische Untersuchung der Räumlichkeiten erfolgen. Gemessen werden dabei meistens VOC und Aldehyde, insbesondere Formaldehyd je nach zuvor ermittelten Gegebenheiten.

Messungen auf chemische Einwirkungen im Innenraum werdenin der Regel unter zwei verschiedenen Randbedingungen durchgeführt:

- **Unter Nutzungsbedingungen**: Bei einer Messung unter Nutzungsbedingungen wird die Lüftungsempfehlung nach ASR A3.6 „Lüftung“ zugrunde gelegt und die Messung eine Stunde nach einem intensiven Lüften, von z. B. 3 Minuten im Winter durchgeführt.

[1] VDI 4300 „Messen von Innenraumluftverunreinigungen“ , der Normenreihe DIN EN ISO 16000 „Innenraumluftverunreinigungen“ und den gemeinsamen Empfehlungen der Arbeitsgruppe (AG) Luftanalysen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Ad-hoc-AG Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumlufthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden

- **Unter Ausgleichsbedingungen**: Zusätzliche Informationen über mögliche Quellen können durch eine Messung unter Ausgleichsbedingungen erhalten werden. Eine Messung unter Ausgleichsbedingungen wird nach einem intensiven Lüften und einem mindestens achtstündigen Verschluss der Fenster (am besten über Nacht) durchgeführt.

Bei der messtechnischen Ermittlung sollten beide Randbedingungen zu Grunde gelegt werden und die erhaltenen Messergebnisse mit Werten beurteilt werden, die ebenfalls unter Nutzungs- oder Ausgleichsbedingungen ermittelt wurden. (siehe Kapitel Beurteilungskriterien)

Mit Hilfe von speziellen direktanzeigenden Messgeräten kann auch der TVOC-Wert oder – je nach Sensor und Empfindlichkeit des Gerätes, z. B. die Konzentration an Formaldehyd orientierend bestimmt werden. Dabei sind mögliche Querempfindlichkeiten der direktanzeigenden Messgeräte zu beachten.

Messtechnische Ermittlung biologischer Einwirkungen
Befindlichkeitsstörungen können oftmals auch mit Organismen wie z. B. Schimmelpilzen, Bakterien, Milben oder deren Stoffwechsel- und Ausscheidungsprodukten in Verbindung gebracht werden. Falls die Arbeitsplatzbegehung einen solchen Zusammenhang wahrscheinlich macht, kann auch eine Messung auf Schimmelpilzsporen und ggf. sogenannte Endotoxine erfolgen, um die Ursache bzw. Quelle der Belastung zu ermitteln. Mögliche Ursachen für eine Belastung in diesem Zusammenhang können evtl. unerkannte Feuchteschäden im Gebäude oder keimbelastete Klimaanlagen sein. Die Messung auf Schimmelpilzsporen und Endotoxine erfolgt entsprechend der Messstrategie der Normenreihe DIN EN ISO 16000. Von einer Ermittlung abweichend hiervon, z. B. durch eigens erworbene Testkits wird abgeraten. Ist ein Schimmelpilzbefall bereits sichtbar, kann auf eine Messung verzichtet werden.

Messtechnische Ermittlung physikalischer Einwirkungen

Wärme und Feuchte
Das vom Menschen empfundene Raumklima wird maßgeblich von den Größen Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit und Wärmestrahlung bestimmt. Entsprechend den Anforderungen der ASR A3.5 „Raumtemperatur“ wird die Lufttemperatur mit einem strahlungsgeschützten Thermometer in Grad Celsius [°C] gemessen, dessen Messgenauigkeit +/- 0,5 °C betragen soll. Die Messung erfolgt nach Erfordernis stündlich an Arbeitsplätzen für sitzende Tätigkeit in einer Höhe von 0,6 m und bei stehender Tätigkeit in einer Höhe von 1,1 m über dem Fußboden. Es werden Messungen in Kopfhöhe der Personen empfohlen. Aufgrund wechselnder Tätigkeiten (sitzend/stehend) empfiehlt sich eine Messung in den unterschiedlichen Höhen (Kopf-/Unterleib-/Knöchelhöhe). Die Außenlufttemperatur wird stündlich während der Arbeitszeit ohne Einwirkung von direkter Sonneneinstrahlung gemessen. Die Außenlufttemperatur sollte etwa 4 m von der Gebäudeaußenwand entfernt und in einer Höhe von 2 m gemessen werden. Je nach Fragestellung ist es hilfreich auch die Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen zu bestimmen. Zur Ermittlung der relativen Luftfeuchte im Innenraum können direktanzeigende Hygrometer eingesetzt werden. Hygrometer zur Messung der relativen Luftfeuchte am Innenraumarbeitsplatz sollten eine Messgenauigkeit von +/- 3 % relativer Luftfeuchte vorweisen können. Luftgeschwindigkeit und Wärmestrahlung spielen im Innenraum eine untergeordnete Rolle zur Beurteilung der Innenraumluftqualität.

Ionisierende Strahlung – Radon
Die Bundesländer haben Radon-Vorsorgegebiete ausgewiesen, in denen an Arbeitsplätzen in Kellern und ggf. an Arbeitsplätzen im Erdgeschoss Messungen der Radon-Aktivitätskonzentration durchgeführt werden müssen. Eine qualitätsgesicherte Messung der Radon-Aktivitätskonzentration muss von anerkannten Stellen durchgeführt werden. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) führt eine Liste anerkannter Messstellen. In der Regel werden sogenannte passive Radondetektoren über den Messzeitraum von einem Jahr in den Räumen ausgelegt und anschließend wieder an die entsprechende anerkannte Stelle zurückgesandt und dort ausgewertet. [4] Weitere Informationen zu Radon finden Sie auch auf den Internetseiten der für den Arbeitsschutz zuständigen staatlichen Behörden.

4.3 Beurteilungskriterien für die Innenraumluftqualität

4.3.1 Kohlendioxid (CO_2)

Eine CO_2-Konzentration unter 1000 ppm ist als hygienisch unbedenklich anzusehen. Bei Überschreitung einer Momentankonzentration an Innenraumarbeitsplätzen von 1000 ppm CO_2 sind die Lüftungsmaßnahmen zu verbessern, z. B. Luftwechsel erhöhen. Bei Überschreitung einer CO_2-Konzentration von 2000 ppm sind weitergehende Maßnahmen zu ergreifen (siehe Kapitel 6). In Bildungseinrichtungen wird nach einer Empfehlung des Umweltbundesamtes bei der Beurteilung anhand der CO_2-Konzentration der Mittelwert über eine Nutzungseinheit, z. B. eine Unterrichtsstunde, herangezogen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass bei Einhaltung der empfohlenen CO_2-Konzentrationen andere Stofflasten durch das Lüften ebenfalls ausreichend abgeführt werden.

Tabelle 4 CO_2-Konzentration als Beurteilungskriterium für die Innenraumluftqualität (Quelle: ASR A3.6 „Lüftung“)

CO_2-Konzentration	Luftqualität	Maßnahmen
< 1000 ppm	Hygienisch unbedenklich	Keine Maßnahmen
1000 bis 2000 ppm	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahmen überprüfen und verbessern
> 2000 ppm	Hygienisch inakzeptabel	Weitergehende Maßnahmen

4.3.2 Weitere Stofflasten

Stofflasten: chemische Einwirkungen
Derzeit werden in Deutschland zur Beurteilung der Exposition an Innenraumarbeitsplätzen Werte unterschiedlicher Art und Herkunft herangezogen. Diese Werte sind – anders als die für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen festgelegten Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) – nicht in einer einheitlichen verbindlichen Regel zusammengefasst und haben keine einheitliche rechtliche Relevanz. So besitzen praktisch alle für Innenräume aufgestellten Werte lediglich den Charakter einer Empfehlung. Zur Bewertung der Luftqualität im Innenraum werden toxikologisch abgeleitete Richtwerte (RW) des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) herangezogen. Zudem gibt es vom AIR veröffentlichte Leitwerte für bestimmte Stoffe, wenn keine toxikologisch begründeten Werte vorliegen.

Tabelle 5 Auswahl an Kriterien zur Beurteilung der Raumluftqualität

Beurteilungskriterium	Quelle
Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)	Gefahrstoffverordnung, TRGS 900
Referenzwert für die über das Jahr gemittelte Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft in Aufenthaltsräumen	§ 124 Strahlenschutzgesetz
CO_2-Konzentration	Arbeitsstättenverordnung, ASR A3.6; als hygienischer Leitwert: Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR)
Richtwert I-Vorsorgerichtwert (RW I)	Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR)
Richtwert II-Gefahrenrichtwert (RW II)	
Hygienische Leitwerte	
Geruchsleitwerte	
Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte	Institut für Arbeitsschutz der DGUV

Bei der Bewertung der Raumluftqualität mit Hilfe von RW und/oder Referenzwerten ist zu beachten, dass die Werte sich nicht auf eine 8-Stunden-Arbeitsschicht, sondern auf eine lebenslange Exposition beziehen. Die Werte wurden zudem nicht nur für Beschäftigte im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes abgeleitet, sondern für die allgemeine Bevölkerung, zu der auch Kleinkinder und Senioren zählen.

Der **Vorsorgerichtwert (RW I)** beschreibt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der bei einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch dann keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist.

Der **Richtwert II (RW II)** ist ein wirkungsbezogener Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen beziehungsweise Überschreiten unverzüglich zu handeln ist. Diese höhere Konzentration kann, besonders für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen, eine gesundheitliche Gefährdung sein.

„Hygienische Leitwerte“ werden vom AIR festgelegt, wenn praktische Erfahrungen wiederholt gezeigt haben, dass mit steigender Konzentration eines Innenraumschadstoffes die Wahrscheinlichkeit für Beschwerden oder nachteilige gesundheitliche Auswirkungen zunimmt, der Kenntnisstand aber nicht ausreicht, um rein toxikologisch begründete Richtwerte abzuleiten. Für Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Feinstaub (Particulate Matter – $PM_{2,5}$) wurden bereits Leitwerte festgelegt. Die Einstufung des Luftgütebereiches entsprechend der ASR A3.6 „Lüftung“ (siehe Kapitel 4.2.1. „Wichtige Beurteilungskriterien“, Tabelle 4) basiert auf Leitwerten der CO_2-Konzentration. Das TVOC-Konzept wurde abgelöst, ebenso die Leitwerte dazu. Der AIR hat jetzt mit dem neuen Leitfaden zur Bewertung von chem. Verunreinigungen einen Referenzwert für TVOC von 950 µg/m³ festgelegt.

Die **Geruchsleitwerte** dienen der Überprüfung der Plausibilität von Beschwerden über eine Geruchsbelästigung. Der AIR stellt für verschiedene geruchlich relevante Innenraumschadstoffe diese Leitwerte seit August 2023 zu Verfügung.

Weitere Werte

Sofern für einen Stoff (noch) kein RW festgelegt wurde, können statistisch abgeleitete Referenzwerte herangezogen werden. Für Innenraumarbeitsplätze wurden vom Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) und von den Unfallversicherungsträgern spezielle Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte (IRW) erhoben. Weitere Institutionen haben auch Referenz-/ oder Orientierungswerte zur Bewertung der Luftqualität im Innenraum ermittelt. Die Referenzwerte können als Vergleichswerte zur Beurteilung herangezogen werden. Referenz- und Orientierungswerte stellen Konzentrationen in der Innenraumluft dar, die an vergleichbaren Räumen in Deutschland gemessen wurden. Sie dienen der vergleichenden Bewertung einer Innenraumluftkontamination, geben jedoch keinen Aufschluss über eine Gesundheitsgefährdung.

Bei der Beurteilung anhand von Innenraumrichtwerten, Leitwerten oder Referenzwerten muss auch das angewandte Messverfahren berücksichtigt werden (siehe Kapitel 4.2). Die Innenraumrichtwerte und Leitwerte wurden unter Nutzungsbedingungen ermittelt. Zusätzliche Informationen über mögliche Quellen können durch eine Messung unter Ausgleichsbedingungen erhalten werden. Zur Beurteilung können in diesem Fall die Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte der DGUV herangezogen werden.
Weitere Informationen:

Bewertung von chemischen Innenraumluftverunreinigungen auf der Grundlage von Messergebnissen – Leitfaden des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR)

Zur Größenordnung der Beurteilungskriterien

Die Konzentrationen der Innenraumrichtwerte (RW I und RW II) und Leitwerte sind deutlich geringer als die Konzentration des jeweiligen AGW des Stoffes. Der RW I, der auch als Sanierungszielwert beschrieben wird, ist in der Regel um das 10-fache niedriger als der RW II, der zur Vermeidung von gesundheitlichen Beeinträchtigungen nicht überschritten werden sollte. Die Referenzwerte geben typische Konzentrationen im Innenraum an und sind meist etwas kleiner als der RW I. Anschaulich ist dies am Beispiel vom Stoff Styrol in Abbildung 6 dargestellt.

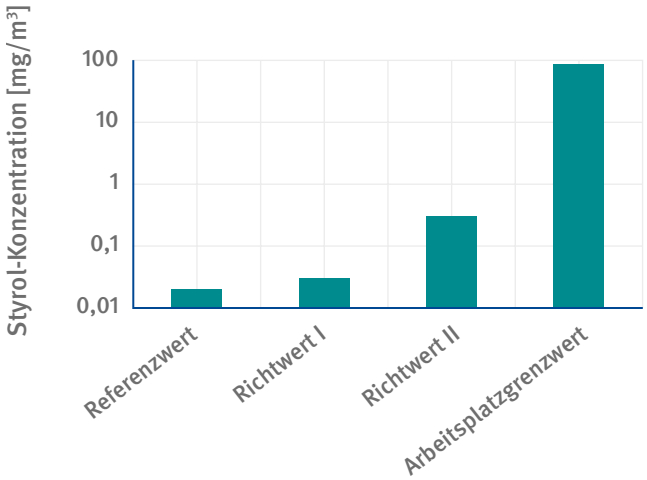


Abb. 6 Gegenüberstellung der Beurteilungskriterien für die Luftqualität an Arbeitsplätzen. Logarithmische Darstellung der Konzentration am Beispiel des Stoffes Styrol (Stand 05/2023).

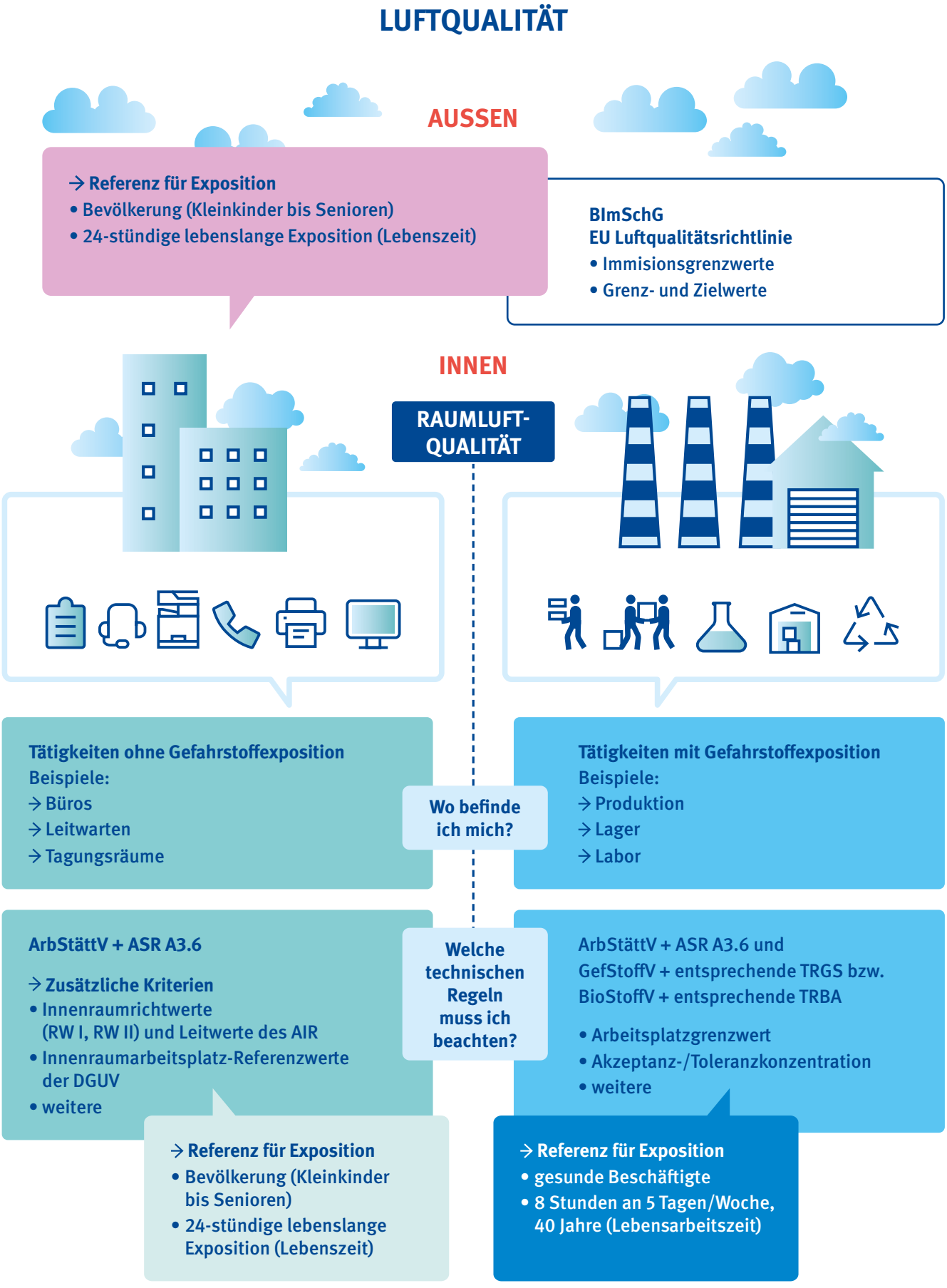


Abb. 7 Grobe Übersicht zur Anwendung verschiedener Beurteilungskriterien

In der Praxis besteht zum Teil Unklarheit wie zwischen den verschiedenen Beurteilungswerten zu unterscheiden ist und wo bzw. wie AGW, Immissionsgrenzwerte oder RW anzuwenden sind. [6] Oft gibt es Situationen, die sich nicht eindeutig voneinander abgrenzen lassen. Die Beurteilung sollte daher arbeitsplatzbezogen erfolgen. In einer Produktionshalle ist der Arbeitsplatz, an dem z. B. eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen durchgeführt wird, anders zu bewerten wie ein benachbarter Arbeitsplatz, an dem nicht mit diesem Gefahrstoff gearbeitet wird. Ebenso ist das Ergebnis der Beurteilung eines Arbeitsplatzes z. B. in einem Krankenhaus, einem Museum oder einer Werkstatt ein anderes als das Ergebnis der Beurteilung in diesem Raum für Dritte z. B. Kunden oder Gäste. Eine grobe Übersicht auf die Einflussfaktoren wird in Abbildung 7 gegeben.

Weitere Informationen zur Beurteilung

- *Ausschuss für Innenraumrichtwerte|Umweltbundesamt*
- *IFA – Innenraumarbeitsplätze – Chemische Einwirkungen: Beurteilung*

Stofflasten: biologische Einwirkungen

Im Zentrum der Beurteilung biologischer Einwirkungen stehen in der Praxis Schimmelpilzsporen, die in der Innenraumluft zu finden sind. Die Auswertung von Messergebnissen von Messungen auf Schimmelpilzsporen erfolgt immer im Vergleich zu Außenluftmessungen. Bestimmt wird eine Keimzahl unterschiedlicher Arten von Sporen. Diese wird verglichen mit der Keimzahl in der Außenluft und anhand des Schimmelpilzleitfadens des UBA bewertet. Einige Arten an Schimmelpilzsporen treten vermehrt bei Feuchteschäden auf und können einen Hinweis auf einen solchen geben.

Tätigkeiten, die in den Geltungsbereich der Biostoffverordnung fallen sind entsprechend den Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) zu bewerten. Bei Schimmelpilzen beträgt die Hintergrundkonzentration in der Außenluft im Jahresmittel rund 1.500 KBE (Koloniebildende Einheiten)/m^3. An Arbeitsplätzen können je nach Tätigkeit Schimmelpilzkonzentrationen bis zu Konzentrationen von > 109 KBE/m^3 vorkommen. Durch den Vergleich mit der Außenluftkonzentration lässt sich die Aussage ableiten, ob die Konzentration am Arbeitsplatz gegenüber der Außenluft erhöht, hoch oder sehr hoch ist. Eine gesundheitsbasierte Aussage ist damit nicht verbunden. Die Konzentrationen von Biostoffen unterliegen sowohl am Arbeitsplatz als auch in der natürlichen Außenluft Schwankungen. Eine Schimmelquelle ist dann im Innenraum zu vermuten, wenn die Konzentration der Schimmelpilzsporen (KBE/m^3) im Innenraum deutlich über der Konzentration in der Außenluft liegt und bzw. oder die Zusammensetzung der Arten in der Innenraumluft deutlich von der Zusammensetzung der Arten in der Außenluft abweicht

An Innenraumarbeitsplätzen finden keine Tätigkeiten mit Biostoffen, insbesondere Schimmelpilzen, statt. Durch Feuchteschäden oder eine Kontamination durch belastetes Material, z. B. Archivgut, kann es zu einer Einwirkung kommen. In diesen Fällen ist die Ursache fachgerecht zu beseitigen.

In dem Leitfaden des AIR zur Bewertung von chemischen Innenraumluftverunreinigungen von 2025 wird das aktuell empfohlene Verfahren ausführlich dargestellt.

Weitere Informationen zur Beurteilung von Schimmelpilzsporen

- *Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden | Umweltbundesamt*
- *Technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe „Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen“ TRBA 400*
- *Technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit mikrobiell kontaminiertem Archivgut“ TRBA 240*
- *DGUV Information 201-028 „Gesundheitsgefährdungen durch Biostoffe bei der Schimmelpilzsanierung“ | DGUV Publikationen*

Stofflasten: Allergene

Schimmelpilzsporen, Pollen, Milben und auch chemische Stoffe können bei einzelnen Personen Allergien auslösen oder diese induzieren. Diesen Einwirkungen sind alle sowohl im beruflichen als auch im privaten Umfeld ausgesetzt. Die sogenannten Allergene können aus der Außenluft in den Innenraum gelangen oder durch z. B. Pflanzen im Raum, Einrichtungs- und Dekorationsgegenstände oder Aromastoffe aus Duftstäbchen eingebracht werden. Auch an Kleidung anhaftende Tierhaare können bei einzelnen Personen eine Allergie auslösen. Allgemeine Beurteilungskriterien für Allergene im Innenraum können aufgrund ihrer individuellen Wirkungen nicht angegeben werden.

Stofflasten: Radon
Als Maßstab zur Beurteilung der Radonkonzentration am Innenraumarbeitsplatz dient gemäß Strahlenschutzgesetz ein Referenzwert von 300 Bq/m³. Liegt die Radon-Konzentration am Arbeitsplatz im Jahresmittel oberhalb des Referenzwertes von 300 Bq/m³, sind Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Radon an diesen Arbeitsplätzen zu ergreifen.

Weitere Informationen zur Beurteilung von Radon
- *BfS – Radon*
- *GEOPORTAL | Bundesamt für Strahlenschutz*
- *UBA UMID Nr. 1/2019 „Radon im neuen Strahlenschutzgesetz“ oder Bundesamt für Strahlenschutz – Radon*
- *DGUV Information 203-094 „Radon“*

4.3.3 Wärme- und Feuchtelasten

Die Raumtemperatur und relative Luftfeuchte sind wesentliche raumklimatische Parameter. Damit Beschäftigte zufrieden und gesund bleiben, darf die Lufttemperatur z. B. im Büro 20 °C nicht unterschreiten und soll 26 °C nicht überschreiten. Die Mindestlufttemperatur an Arbeitsplätzen hängt von der Körperhaltung und der Arbeitsschwere der Beschäftigten ab (Tabelle 6).

An heißen Sommertagen mit Außentemperaturen über 26 °C sind weitere Maßnahmen notwendig. Wird die Lufttemperatur im Raum von 35 °C überschritten, so ist der Raum für die Zeit der Überschreitung entsprechend der ASR A3.5 „Raumtemperatur“ ohne weitere Maßnahmen nicht als Arbeitsraum geeignet. In Tabelle 7 sind die einzuhaltenden maximalen Lufttemperaturen und die zu treffende Maßnahmen bei Überschreitung beschrieben.

Tabelle 7 Einzuhaltende maximalen Lufttemperaturen und zu treffende Maßnahmen nach ASR A3.5 „Raumtemperatur“.

Temperaturbereich	Maßnahmen
Bis 26 °C	Keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich
Ab 26 °C bis 30 °C Maßnahmen sollen ergriffen werden	Beispiele: Effektive Steuerung des Sonnenschutzes, effektive Steuerung der Lüftungseinrichtung, Lüftung in den Morgenstunden, Nutzung von Gleitzeitregelungen. Lockerung der Bekleidungsregeln
Ab 30 °C bis 35 °C Maßnahmen müssen ergriffen werden	
Ab 35 °C	Der Arbeitsraum ist für den Zeitraum der Überschreitung nicht als solcher nutzbar. Es sei denn es werden Schutzmaßnahmen wie bei Hitzearbeit durchgeführt.

Die Wirkung der Raumtemperatur auf den Menschen ist von der relativen Luftfeuchte im Raum abhängig. Die ASR A3.5 „Raumtemperatur“ und die ASR A3.6 „Lüftung“ geben daher aus physiologischen Gründen maximal zulässige relative Luftfeuchten an. Die Wertepaare der Tabelle 8 werden auch „Schwülegrenze“ genannt. Unterhalb dieser Grenze kann sich der menschliche Körper z. B. durch Schwitzen (Verdunstungskühlung auf der Haut)

Tabelle 6 Nach ASR A3.5 „Raumtemperatur“ mindestens geforderte Lufttemperaturen für Arbeitsräume je nach Arbeitsschwere

Überwiegende Körperhaltung	Arbeitsschwere und Lufttemperatur		
	Leicht	Mittel	Schwer
	Leichte Hand-/Armarbeit bei ruhigem Sitzen bzw. Stehen verbunden mit gelegentlichem Gehen	Mittelschwere Hand-/Arm- oder Beinarbeit im Sitzen, Gehen oder Stehen	Schwere Hand-/Arm-, Bein- und Rumpfarbeit im Gehen oder Stehen
Sitzen	+20 °C	+19 °C	–
Stehen, Gehen	+19 °C	+17 °C	+ 12 °C

gut auf das Raumklima einstellen. Oberhalb der Schwülegrenze ist dies deutlich erschwert. Die Umgebung wird als unangenehm schwül empfunden und die klimatische Belastung kann zu einer erhöhten Beanspruchung des Herz-Kreislaufsystems führen.

Eine Mindestwert der relativen Luftfeuchte ist nach derzeitigem Kenntnisstand nicht erforderlich. In der ASR A3.6 „Lüftung“ wird klargestellt, dass witterungsbedingte Feuchteschwankungen unberücksichtigt bleiben, das betrifft auch trockene Raumluft im Winter. Im Zusammenhang mit weiteren Faktoren kann sich trockene Luft unter Umständen belastend auf Schleimhäute, Haut, Augen und begünstigend für die Übertragung krankheitserregender Keime, z. B. Grippe-Viren, auswirken. Dabei sind aber auch die weiteren Faktoren (z. B. bei Augenbeschwerden die Bildschirmergonomie) mit zu bewerten. [7]

Tabelle 8 Maximal zulässige relative Luftfeuchte nach ASR A3.5 „Raumtemperatur“ und ASR A3.6 „Lüftung“

Fallen betriebstechnisch oder arbeitsbedingt Feuchtelasten an, sollen nach ASR A3.6 „Lüftung“ folgende Werte nicht überschritten werden[2]		Werden bei Lufttemperaturen über 26 °C in Arbeitsräumen Technologien zur Kühlung genutzt, die die Luftfeuchte erhöhen, dürfen nach ASR A3.5 „Raumtemperatur“ folgende Werte nicht überschritten werden	
Lufttemperatur	relative Luftfeuchte	Lufttemperatur	relative Luftfeuchte
+20 °C	80 %	+26 °C	55 %
+22 °C	70 %	+28 °C	50 %
+24 °C	62 %	+30 °C	44 %
+26 °C	55 %	+32 °C	39 %
		+35 °C	33 %

[2] Dies gilt nicht, soweit die Natur des Betriebes höhere Luftfeuchten erfordert (z. B. Lebensmittelherstellung, Gewächshaus oder Schwimmbad)

5 Maßnahmen für gesunde Innenraumluft

Ein grundlegender Gedanke zu Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit ist es, Schutzmaßnahmen nach ihrer Reichweite für Beschäftigte auszuwählen: Mit einer Maßnahme sollen möglichst viele Beschäftigte wirksam geschützt werden. Dabei erzielt die Maßnahme **S**ubstituieren, Vermeiden oder Beseitigen der Gefahrenquelle die größte Wirkung. **T**echnische Maßnahmen schützen in der Regel mehr Personen als **o**rganisatorische Maßnahmen. **P**ersönliche Maßnahmen wirken lediglich auf den einzelnen Beschäftigten. Das persönliche Verhalten jedes einzelnen ist notwendig für eine wirksame Umsetzung der Schutzmaßnahmen.

Auch beim Ableiten von Maßnahmen für gesundheitlich zuträglich Innenraumluft am Arbeitsplatz ist eine Rangfolge nach dem STOP-Prinzip auszuwählen. Mögliche Stoff-, Feuchte- oder Wärmelasten sollten möglichst von vorneherein vermieden werden. Diese Maßnahmenebene kann insbesondere bei Neubauten oder Sanierungen wirksam eingesetzt werden.

Stofflasten aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen können vermieden oder minimiert werden, wenn z. B. emissionsfreie oder emissionsarme, aufeinander abgestimmte und richtig verarbeitete Produkte eingesetzt werden (Substitution). Stein, Glas, Keramik und unbehandeltes Metall geben keine Emissionen ab und sind damit sehr emissionsarme Baustoffe. Anhand von Zertifizierungen, Prüfzeichen und Siegeln (z. B. Blauer Engel) können weitere emissionsarme und sehr emissionsarme Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände erkannt und ausgewählt werden. Es ist auch möglich eine Geruchsprüfung von Bauproduktemissonen auf freiwilliger Basis durchzuführen. [8] Europäische Verordnungen, wie die Bauproduktverordnung und die REACH-Verordnung wirken darauf hin, dass bei richtiger Verarbeitung und Verwendung von Bauprodukten keine nennenswerten Emissionen entstehen dürfen. Bereits während der Bau- oder Renovierungsphase sollte zudem auf Sauberkeit, insbesondere auf eine Minimierung von Staub und auf eine verstärkte Lüftung geachtet werden. Im laufenden Betrieb sollten möglichst wenig geruchsintensive Stoffe (z. B. Reinigungsmittel, Raumdüfte, Büromöbel) in den Raum eingebacht werden. Eine technische Maßnahme für gesunde Innenraumluft ist der Einsatz einer technischen Lüftung. Diese ist regelmäßig auf Funktionsfähigkeit zu prüfen und instand zu halten (siehe Kapitel 6.3). Bei der Fensterlüftung (freie Lüftung) sind organisatorische Maßnahmen entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung eines Lüftungskonzeptes. Geräte die zusätzliche Wärme in den Raum einbringen, z. B. Wasserkocher sollten in den Sommermonaten nicht am Büroarbeitsplatz aufgestellt werden. Persönliche Schutzmaßnahmen für eine gesundheitlich zuträgliche Innenraumluft sind nur unter besonderen Umständen, wie z. B. einer Pandemie, sinnvoll und sollten ergänzend zu anderen Maßnahmen eingesetzt werden.

In einigen Fällen können Kombinationen der unterschiedlichen Maßnahmenebenen sinnvoll sein.

Die wichtigste Maßnahme für eine gesunde Innenraumluft ist ausreichendes Lüften, da eine Vermeidung von Lasten in der Praxis meist nicht möglich ist. Daher werden in den folgenden Kapiteln unterschiedliche Möglichkeiten des Lüftens dargestellt und es wird erläutert, wie ausreichendes Lüften sichergestellt werden kann.

6 Arten des Lüftens

6.1 Übersicht

Eine geeignete Lüftung im Gebäude unterstützt den Abtransport von Stoff-, Wärme- und Feuchtelasten, die durch die Nutzung des Gebäudes entstehen. Im Sommer kann z. B. eine Nachtlüftung dazu dienen, die am Tag angestaute Wärme abzutransportieren und das Gebäude wieder abzukühlen. Feuchtelasten, die in Wohnungen durch Vorgänge wie Kochen oder Waschen entstehen, treten z. B. an Büroarbeitsplätzen nicht auf. Vielmehr erscheint hier im Winter aufgrund der niedrigeren Luftfeuchte der Außenluft das Phänomen der „trockenen Luft“, das zu Beschwerden der Beschäftigten führen kann [7]. Für andere typische Innenraumarbeitsplätze, wie z. B. Küchen, Wäschereien, Einzelhandel ist hingegen die Abfuhr von Feuchte aus dem Raum zum Erhalt eines guten Raumklimas wichtig.

Durch „falsches“ Lüftungsverhalten, wie z. B. zu langes Stoßlüften im Winter oder Dauerkippstellung von Fenstern, können Gebäudeteile auskühlen. Die ausgekühlten Wände, Fußböden und Decken lassen ein unbehagliches Raumklima entstehen und können bei vorhandenen Feuchtelasten die Entstehung von Kondenswasser und den Befall von Schimmelpilzen begünstigen.

Bei der Lüftung kann zwischen der freien Lüftung und der technischen Lüftung unterschieden werden. Bereits vor dem Errichten oder Anmieten einer Arbeitsstätte ist zu überprüfen, ob die Forderungen der ArbStättV mit den geplanten oder vorhandenen Lüftungsmöglichkeiten eingehalten werden können. Eine gute Raumluftqualität und ein gutes Raumklima sollten durch beide Arten des Lüftens sichergestellt werden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass es nicht zu Unbehaglichkeiten oder gar gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommt, z. B. durch Zuglufterscheinungen, Lärmemissionen oder hygienischen Problemen. In Abbildung 8 sind verschiedene Möglichkeiten der freien und technischen Lüftung schematisch dargestellt, die in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert werden.

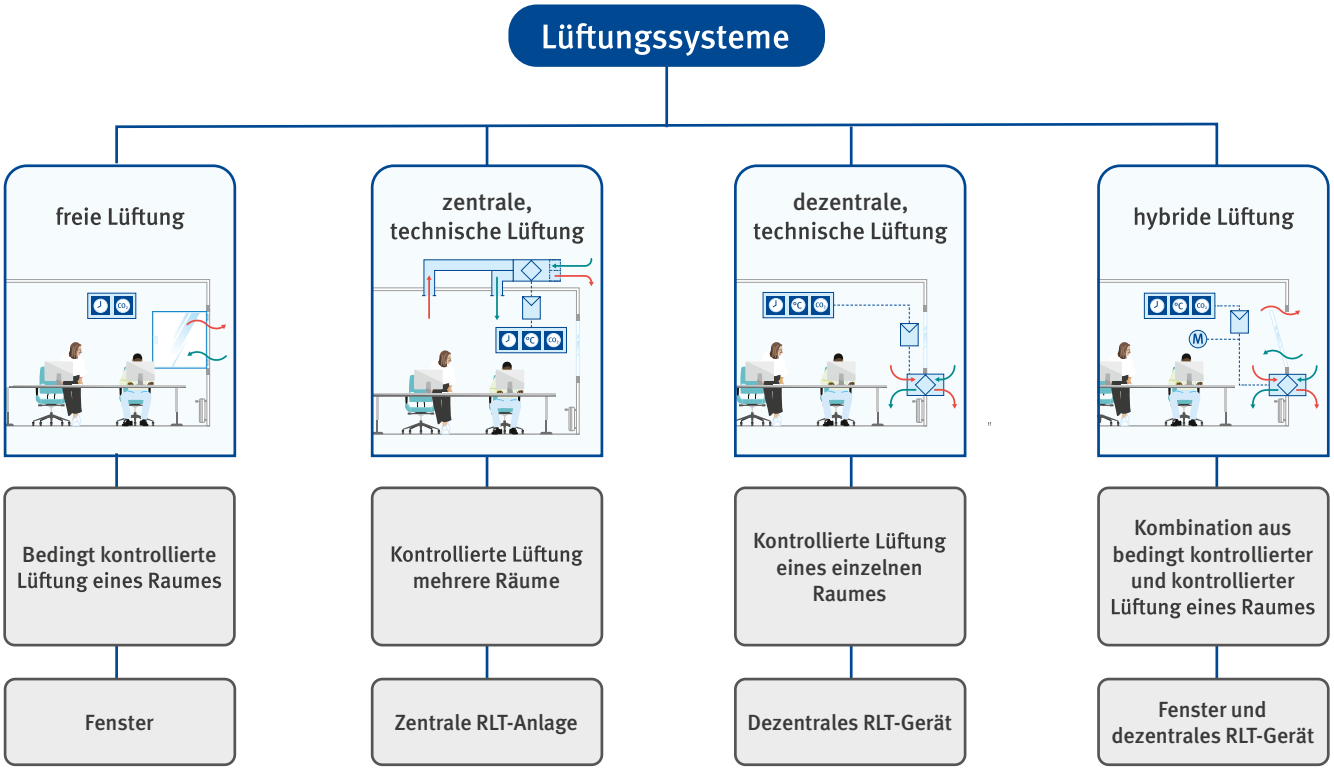


Abb. 8 Prinzip unterschiedlicher Lüftungsarten: Bei der freien Lüftung erfolgt der Luftaustausch durch das Öffnen von Fenstern. Eine zentrale raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage) erfordert einen höheren Platzbedarf als ein dezentrales RLT-Gerät, das an der Außenwand auch nachträglich installiert werden kann.

6.2 Freie Lüftung

Die freie Lüftung erfolgt zumeist über Fenster. Dabei ist die Stoßlüftung, am besten als Querlüftung, mit weit geöffneten Fenstern am effektivsten. Zumeist sind wenige Minuten schon ausreichend. Ein Lüften über gekippte Fenster ist weniger effektiv, kann aber als Ergänzung zur Stoßlüftung sinnvoll sein.

Die Effektivität der freien Lüftung ist von den äußeren Witterungsbedingungen (Windrichtung und -stärke sowie Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft) abhängig. Zudem hat das Verhalten der Beschäftigten einen Einfluss auf die Effektivität, zum Beispiel die Dauer und Häufigkeit des Fensteröffnens. Auch die Größe und Anordnung der offenen Fensterflächen sowie die Raumgeometrie beeinflussen die Effektivität der freien Lüftung. Die Grenzen der freien Lüftung ergeben sich durch die Größe der zu öffnenden Fensterflächen. In Tabelle 9 sind die einzuhaltenden Mindestöffnungsflächen (erforderliche Lüftungsquerschnitte) genannt. Von diesen Lüftungsquerschnitten kann abgewichen werden, wenn die Anforderung der ASR A3.6 „Lüftung“ zur Luftqualität eingehalten werden kann (siehe hierzu Tabelle 4). Im Idealfall kann nachgewiesen werden, dass die CO_2-Konzentration unter dem Wert von 1000 ppm während der Nutzung des Raumes bleibt.

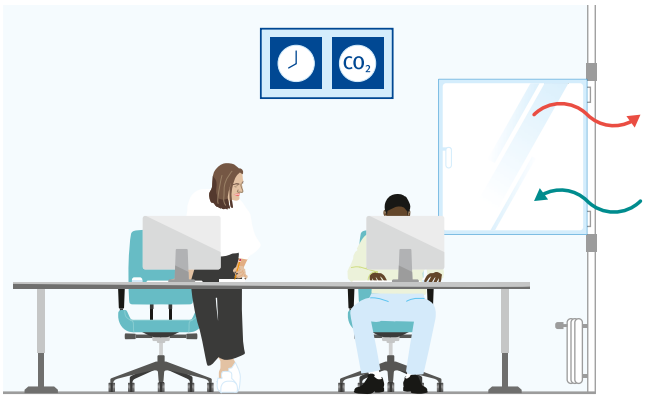


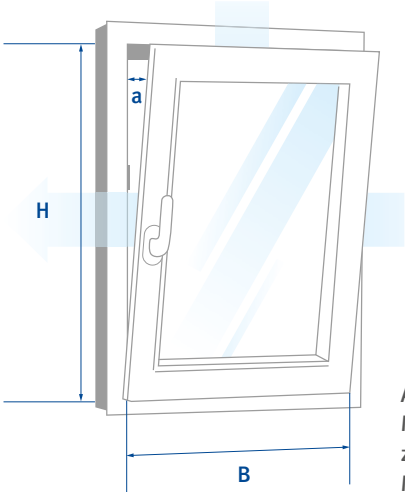
Abb. 9 Prinzip der freien Lüftung. Der Luftaustausch erfolgt durch das Öffnen von Fenstern in vorgegebenen zeitlichen Abständen oder anhand der CO_2-Konzentration.

Es wird zwischen einer kontinuierlichen Lüftung durch eine Kippstellung der Fenster und der Stoßlüftung mit weit geöffneten Fensterflächen unterschieden. Beide Varianten, kontinuierliche Lüftung und Stoßlüftung können einseitig durch Öffnungen an einer Außenwand oder durch eine Querlüftung mit Öffnungen in gegenüberliegenden Außenwänden oder Dachflächen erfolgen.

In geöffneten Fensterflächen wird bei einseitiger Lüftung eine Luftgeschwindigkeit von 0,08 m/s angenommen. Wenn es hingegen an zwei gegenüberliegenden Wänden eingebaute Fenster gibt, die sich für eine Querlüftung öffnen lassen, wird eine Luftgeschwindigkeit von 0,14 m/s angenommen.

Tabelle 9 Mindestöffnungsflächen nach ASR A3.6 „Lüftung“

		Öffnungsfläche zur Sicherung des Mindestluftwechsels	
	Max. zulässige Raumtiefe bezogen auf die lichte Raumhöhe (h) [m]	Kontinuierliche „Kippstellung“ [m^2/ anwesende Personen]	„Stoßlüftung“ [m^2/10m^2 Grundfläche]
Einseitige Lüftung	2,5 x h (bei h > 4 m: max. Raumtiefe 10 m)	0,35	1,05
Querlüftung	5 x h (bei h > 4 m: max. Raumtiefe 20 m)	0,20	0,60



B = Breite des Fensters
H = Höhe des Fensters
a = Spaltbreite (typischerweise ≤ 0,2 m)

Abb. 10
Maße eines Fensters zur Berechnung des Mindestluftwechsels nach ASR A3.6.

Beispiel: Ein Raum mit 50 m² Raumfläche (Raumtiefe: 6,25 m; Raumbreite: 8 m; Raumhöhe: 3 m) kann durch eine einseitige Lüftung oder Querlüftung belüftet werden, denn die Anforderung nach der maximal zulässigen Raumtiefe wird eingehalten:

Maximal zulässige Raumtiefe 2,5 × 3 m = 7,5 m > Raumtiefe (einseitige Lüftung) von 6,25 m ✓
und
Maximal zulässige Raumtiefe 5 × 3 m = 15 m > Raumtiefe (Querlüftung) von 6,25 m ✓

Unter Stoßlüftung wird der kurzzeitige (ca. 3 bis 10 Minuten), intensive Luftaustausch zur Beseitigung von Lasten in Arbeitsräumen verstanden.

Die Öffnungsfläche für ein gedreht geöffnetes Fenster für die Stoßlüftung errechnet sich aus:

$A_{Stoßlüftung} = B \times H$

Zur Sicherung des Mindestluftwechsels ist es erforderlich, dass pro 10 m² Raumfläche die Öffnungsfläche $A_{Stoßlüftung}$ (offene Fensterfläche) bei einseitiger Lüftung mindestens 1,05 m² beträgt.

Beispiel: Für einen 50 m² großen Raum muss die zu geöffnete Fläche 5,25 m² betragen. Befinden sich Öffnungsflächen an zwei gegenüberliegenden Außenwänden oder einer Außenwand und einer Dachfläche kann mit einer Öffnungsfläche von 3,0 m² der erforderliche Luftaustausch sichergestellt werden.

Soll anstelle der Stoßlüftung der Raum durch eine kontinuierliche Lüftung (Kippstellung der Fenster) belüftet werden, so müssen anwesende Personen im Raum berücksichtigt werden.

Die Öffnungsfläche ist deutlich geringer und errechnet sich aus:

$A_{Kipp} = a \times (B + H)$

Für ein Fenster der Breite von 1,00 m, einer Höhe von 1,20 m und der Spaltbreite a = 0,11 m ergibt sich eine Öffnungsfläche A_{Kipp} von 0,24 m². Die Anzahl der Fenster, um bei Kippstellung den erforderlichen Mindestluftwechsel zu erreichen, ist in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 10 Benötigte Fensterfläche bei weit geöffnetem Fenster in Abhängigkeit von der Raumgröße und daraus resultierende erforderliche Anzahl an Fenstern am Beispiel eines Fensters der Breite von 1,00 m und einer Höhe von 1,20 m

Stoßlüftung	Öffnungsfläche zur Sicherung des Mindestluftwechsels		Anzahl benötigter Fenster ($A_{Stoßlüftung}$ = 1,2 m²)	
	Einseitig	Querlüftung	Einseitig	Querlüftung
Grundfläche des Raumes [m²]	[m²]		Anzahl der Fenster	
50	5,25	3	5	3
100	10,50	6	9	5
200	21,00	12,0	18	10

Tabelle 11 Benötigte Fensterfläche bei kontinuierlicher Lüftung (Kippstellung) in Abhängigkeit von der Personenzahl

Kontinuierliche „Kippstellung“	Öffnungsfläche zur Sicherung des Mindestluftwechsels		Anzahl benötigter Fenster (A_{Kipp} = 0,24 m²)	
	Einseitig	Querlüftung	Einseitig	Querlüftung
Personenzahl	[m²]		Anzahl der Fenster	
2	0,70	0,4	3	2
3	1,05	0,6	5	3
4	1,40	0,8	6	4
10	3,50	2,0	15	9
30	10,5	6,0	44	25

Sind viele Personen in einem Raum, ist eine kontinuierliche Lüftung mit einer Kippstellung der Fenster häufig nicht ausreichend, um den erforderlichen Luftaustausch sicherzustellen. Daher ist vorrangig eine Stoßlüftung durchzuführen.

Als Anhaltswert für das freie Lüften von z. B. Büroräumen wird ein zeitlicher Abstand von einer Stunde empfohlen. Besprechungs- und Seminarräume sollten in einem zeitlichen Abstand von 20 Minuten gelüftet werden. Die Luftqualität kann dabei durch Messen der CO_2-Konzentration, z. B. mit einer CO_2-Ampel, überwacht werden. Alternativ können sinnvolle Lüftungsintervalle bei Kenntnis der Raumgröße und Raumbelegung berechnet werden und in einem Lüftungsplan den Raumnutzerinnen und Raumnutzern bekannt gegeben werden. Mögliche Berechnungshilfen werden in Kapitel 7 „Empfehlungen zu Lüftungskonzepte“ vorgestellt. Anhang 3 enthält eine „Vorlage Lüftungsplan“.

Für größere Räume, in denen die hier aufgeführten Auslegungsgrundlagen nicht anwendbar sind, können die unter Kapitel 7.2 beschriebenen Bestimmungsmethoden angewandt werden.

6.3 Technische Lüftung

Bei der technischen Lüftung wird über zentrale oder dezentrale raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen[3]) kontinuierlich gefilterte und je nach Einsatzfall konditionierte (beheizt, gekühlt, be- oder entfeuchtet) Frischluft von außen in die Innenräume geleitet. Je nach Aufbau und regelungstechnischen Möglichkeiten der Anlage kann dabei ein Teil der aus den Räumen abgesaugten Luft der frischen Außenluft als sogenannte Umluft beigemischt werden (siehe Abbildung 11). Bei neueren Anlagen wird zumindest die Wärme aus der Abluft zum Vorheizen der frischen Außenluft verwendet, was bei größeren Luftvolumenströmen energetisch sinnvoll ist. Außerdem besteht die Möglichkeit, ein behagliches und von den Außenbedingungen unabhängiges Klima im Büro zu schaffen.

Umgangssprachlich wird von
- Lüftungsanlagen gesprochen, wenn die Außenluft nur grob gefiltert und erwärmt wird.
- Klimaanlagen gesprochen, wenn die Außenluft zusätzlich gekühlt und/oder be- oder entfeuchtet wird.

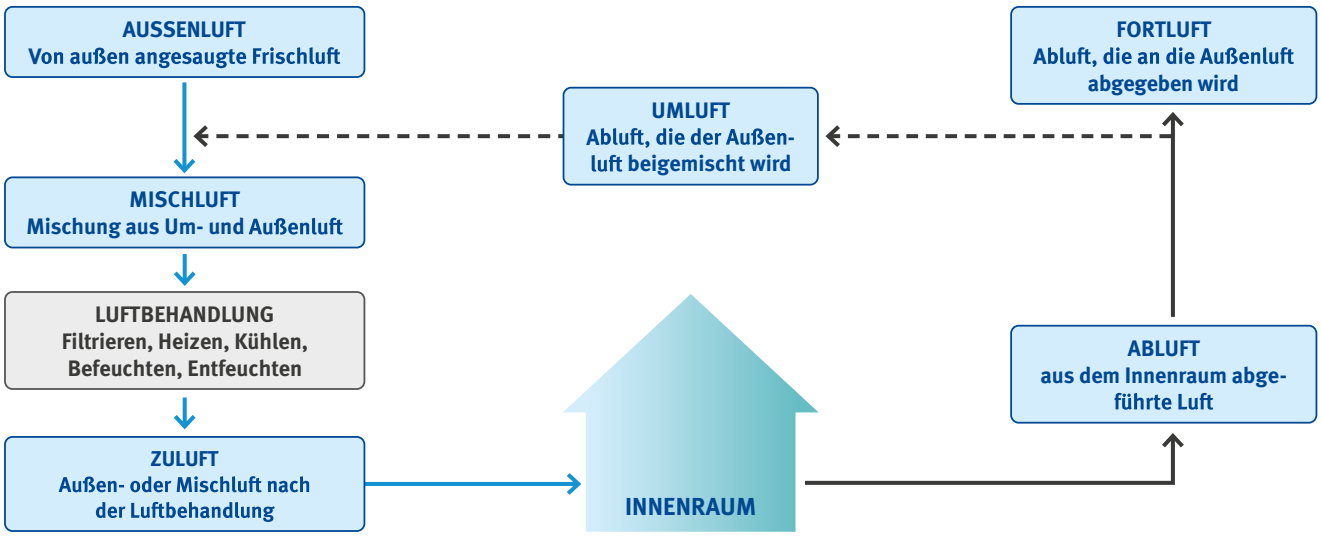


Abb. 11 Prinzip und Bezeichnung der Luftströme einer technischen Lüftung (Quelle: in Anlehnung an Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld. Report der gewerblichen Berufsgenossenschaften, der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand und des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA))

[3] Entsprechend der ASR A3.6 „Lüftung“ sind RLT-Anlagen Anlagen mit maschineller Förderung der Luft, Luftreinigung (Filtern) und mindestens einer thermodynamischen Luftbehandlungsfunktion (Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten).

Zentrale RLT-Anlagen versorgen ein ganzes Gebäude oder Gebäudebereiche, dezentrale RLT-Geräte einzelne Räume.

Bei einer zentralen RLT-Anlage erfolgt die Luftbehandlung zentral in einem gesonderten Raum oder auf dem Dach des Gebäudes. Lüftungskanäle verteilen die Zuluft in die einzelnen Räume. Ebenso wird die verbrauchte Luft aus den Räumen als Abluft über Abluftkanäle aus den Räumen heraustransportiert. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, dass ein lüftungstechnischer Kurzschluss vermieden wird, d. h. die Lüftungsdurchlässe für die Zuluft räumlich entsprechend von den Lüftungsdurchlässen der Fortluft getrennt werden. Dadurch wird ein unbeabsichtigtes Wiedereinbringen von Fortluft in den Lüftungskreislauf vermieden.

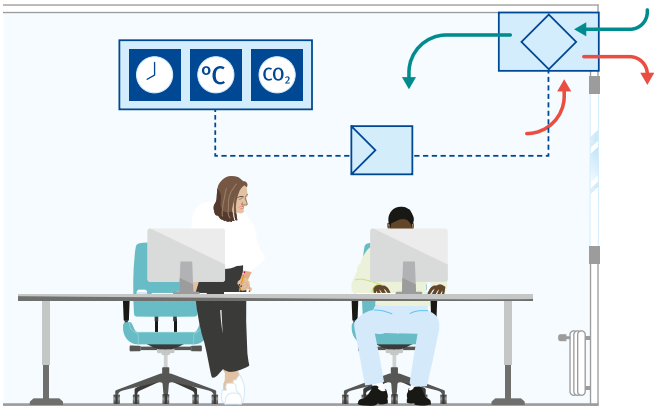


Abb. 12 Prinzip einer dezentralen RLT-Anlage (Variante Deckengerät)

Dezentrale RLT-Geräte können an der Decke oder der Außenwand in einem Raum angebracht werden. Die Luftbehandlung erfolgt in dem Gerät im jeweiligen Raum.

Im Gegensatz zur freien Lüftung gewährleisten RLT-Anlagen bei korrekter Einstellung und Wartung durchgehend einen ausreichenden Luftaustausch unabhängig von den äußeren Witterungsbedingungen. RLT-Anlagen sind jedoch nicht immer mit einer Lüftungsfunktion ausgestattet: sogenannte Umluftanlagen (Sekundärluftanlagen), z. B. Klima-Splitgeräte, führen keine frische Außenluft zu und dienen daher nicht der Lüftung, sondern nur der Raumbeheizung oder -kühlung.

RLT-Anlagen mit Lüftungsfunktion sind mindestens dann erforderlich, wenn durch eine freie Lüftung nicht ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft zur Verfügung gestellt werden kann. Die Abmessung und die Lage der Räume, die umliegende Bebauung oder viele Menschen in einem relativ kleinen Raum können neben energetischen Aspekten Gründe für das Erfordernis einer technischen Lüftung sein. Gerade im innerstädtischen Bereich können Fenster aufgrund von Verkehrslärm oder Feinstaubbelastung nicht immer ausreichend häufig und lange genug geöffnet werden.

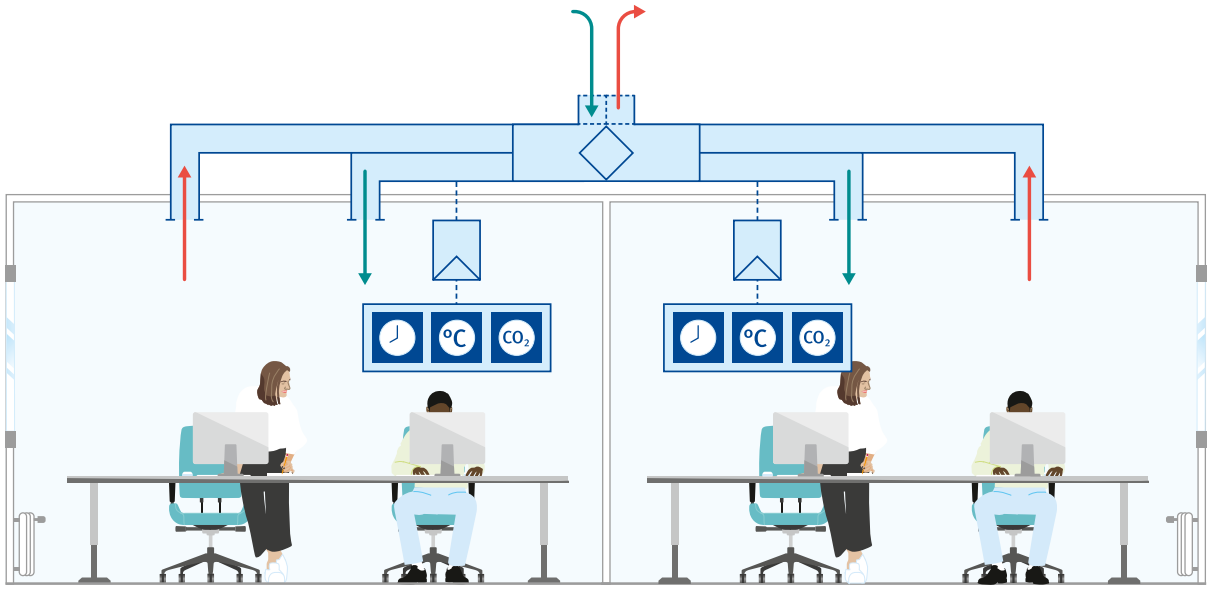


Abb. 13 Prinzip einer zentralen RLT-Anlage

Die Raumluftqualität wird durch Auslegung der RLT-Anlage nach dem Stand der Technik anhand der empfundenen Luftqualität, dem Einhalten von bestimmten Stoffkonzentrationen, z. B. CO_2, und Raumtemperaturen sichergestellt. Berücksichtigt werden z. B. der Abtransport von Ausdünstungen der Personen und Emissionen des Gebäudes selbst. Für den späteren Betrieb kann als Regelgröße für die RLT-Anlage z. B. die CO_2-Konzentration herangezogen werden. Auch bei Nichtbelegung, z. B. am Wochenende oder nachts, sollte zur Minderung der reinen Gebäudeemissionen die Anlage nicht vollständig abgeschaltet werden.

Folgende aktuelle Unterlagen der RLT Anlagen müssen vorhanden sein:

- Ergebnisse der Prüfung bei Inbetriebnahme
- Ergebnisse von Wartung und regelmäßigen Prüfungen nach Betriebssicherheitsverordnung
- Ergebnisse der Hygieneinspektion nach z. B. VDI 6022

In der Gefährdungsbeurteilung sind Maßnahmen festzulegen, die bei Ausfall oder Störung der Anlage umzusetzen sind, damit keine Gesundheitsgefährdungen entstehen. Der Ausfall oder die Störung müssen durch eine selbsttätige Warneinrichtung angezeigt werden. Im Unternehmen sind verantwortliche Personen zu benennen, die im Falle einer Störung diese beheben oder eine Wartungsfirma beauftragen und den sicheren Betrieb der Anlage wieder organisieren. Bis zur Behebung der Störung sind Maßnahmen zu veranlassen, z. B. verstärktes Fensterlüften oder die Nichtnutzung von betroffenen Räumen. Die betroffenen Beschäftigten und sonstige anwesende Personen sind in geeigneter Weise zu informieren.

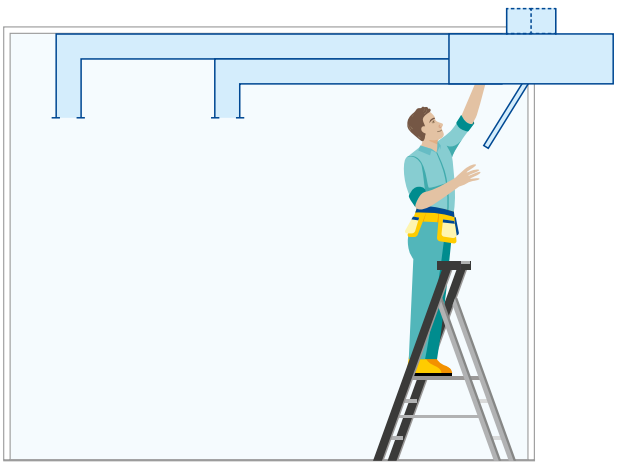


Abb. 14 Wartung einer RLT-Anlage

6.4 Hybride Lüftung

Unter einer hybriden Lüftung wird verstanden, dass entweder die freie Lüftung zeitweise durch eine technische Lüftung ergänzt wird oder, dass umgekehrt die technische Lüftung durch das Öffnen von Fenstern beeinflusst wird.

Die Kombinationslösung bietet die Vorteile der freien und der technischen Lüftung: Personen können je nach Bedarf ein Fenster öffnen oder auch längere Zeit geschlossen halten. Werden zuvor festgelegte Umgebungs- und Innenraumbedingungen überschritten, z. B. eine CO_2-Konzentration von 1000 ppm, schaltet sich die technische Lüftung ein und sorgt für den erforderlichen Luftaustausch. Dies bedarf jedoch ein darauf ausgelegtes Lüftungskonzept und einer gut eingestellten Regeltechnik. Häufig ist die Reaktionszeit technischer Anlagen zu träge, um auf den Einfluss eines geöffneten Fensters zu reagieren.

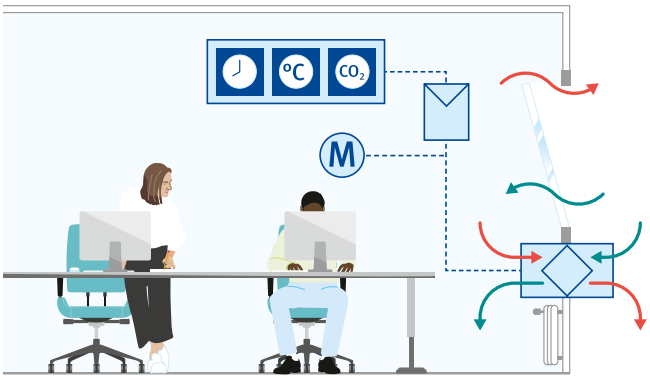


Abb. 15 Prinzip der hybriden Lüftung: Der Luftaustausch ist über technische Lüftung und über die freie Lüftung möglich

7 Empfehlungen für Lüftungskonzepte

7.1 Grundlagen eines Lüftungskonzeptes

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sollte unabhängig von der Lüftungsart (freie oder technische Lüftung) für jedes Gebäude ein Lüftungskonzept erstellt werden. So kann sichergestellt werden, dass die Anforderungen der ASR A3.6 „Lüftung“ und ASR A3.5 „Raumtemperatur“ eingehalten werden. Grundsätzlich sind für das Lüftungskonzept die Art und Nutzung des Raumes maßgebend. Je nach Anzahl der anwesenden Personen sowie der Aktivität, die ausgeübt wird, ist das Lüftungskonzept zu gestalten. Je mehr Personen im Raum sind und je anstrengender die Tätigkeit ist, desto mehr CO_2 wird im Raum ausgeatmet. Dabei sind sowohl Aspekte für die Planung und Ausführung von Neubauten und Sanierungsarbeiten im Bestand als auch für den Betrieb zu beachten. Das Lüftungskonzept sollte jeden Raum sowohl für den Sommer- als auch Winterbetrieb berücksichtigen. Den Raumnutzerinnen und Raumnutzern ist eine Einweisung in dieses Lüftungskonzept inklusive einer Handlungsanleitung (siehe Anhang 2 „Lüftungsplan“) zu geben, die z. B. Regelbarkeit einer technischen Lüftungsanlage oder erforderliche Lüftungsintervalle über Fenster, Sicherheitsaspekte und Ansprechpersonen beinhaltet.

7.2 Lüftungskonzept für eine freie Lüftung

Bei der freien Lüftung findet der erforderliche Luftaustausch über die Fenster statt.

Im Rahmen des Lüftungskonzeptes ist für die feie Lüftung zu beschreiben in welchen Zeitintervallen eine Stoßlüftung erfolgen muss. Dieses Lüftungszeitintervall kann aus einem Nomogramm[4] (Abbildung 16) abgelesen werden. Eine Gleichung, mit der das Lüftungsintervall berechnet werden kann, ist in Anhang 4 angegeben.

Im schraffierten Bereich ist das Nomogramm nicht anwendbar, da in diesem Bereich das freie Raumvolumen geringer wäre als der Mindestwert gemäß Punkt 7 (1) der ASR A1.2 „Raumabmessungen und Bewegungsflächen“.

Die bestimmten Lüftungszeitintervalle können den Raumnutzenden in Lüftungsplänen (siehe Anhang 2) bekannt gemacht werden.

Beispiel: Für zwei Personen in einem Raum mit freiem Raumvolumen von 40 m³ ergibt sich bei einer mittelschweren Tätigkeit ein Zeitintervall der Stoßlüftung von 21 Minuten.

Im Anhang 3 ist das Nomogramm einmal für freie Raumvolumina bis 900 m³ und einmal für freie Raumvolumina bis 200 m³ als Vordruck angegeben.

Alternativ können auch die DGUV App „CO_2-Timer“ oder andere Lüftungsrechner zum Ermitteln des geeigneten Lüftungszeitintervalls herangezogen werden. Lüftungsintervalle, die einen Zeitraum von 20 Minuten unterschreiten, werden als nicht praktikabel angesehen. Bei der Belegung der Räume sind zudem die Anforderungen nach ausreichenden Bewegungsflächen und einem ausreichenden Luftraum nach ASR A1.2 „Raumabmessungen und Bewegungsflächen“ zu beachten.

[4] Ein Nomogramm ist eine graphische Darstellung, an der Werte einer mathematischen Funktion näherungsweise abgelesen werden können. Dafür ist im vorliegenden Fall keine Beschreibung aller Achsen notwendig.

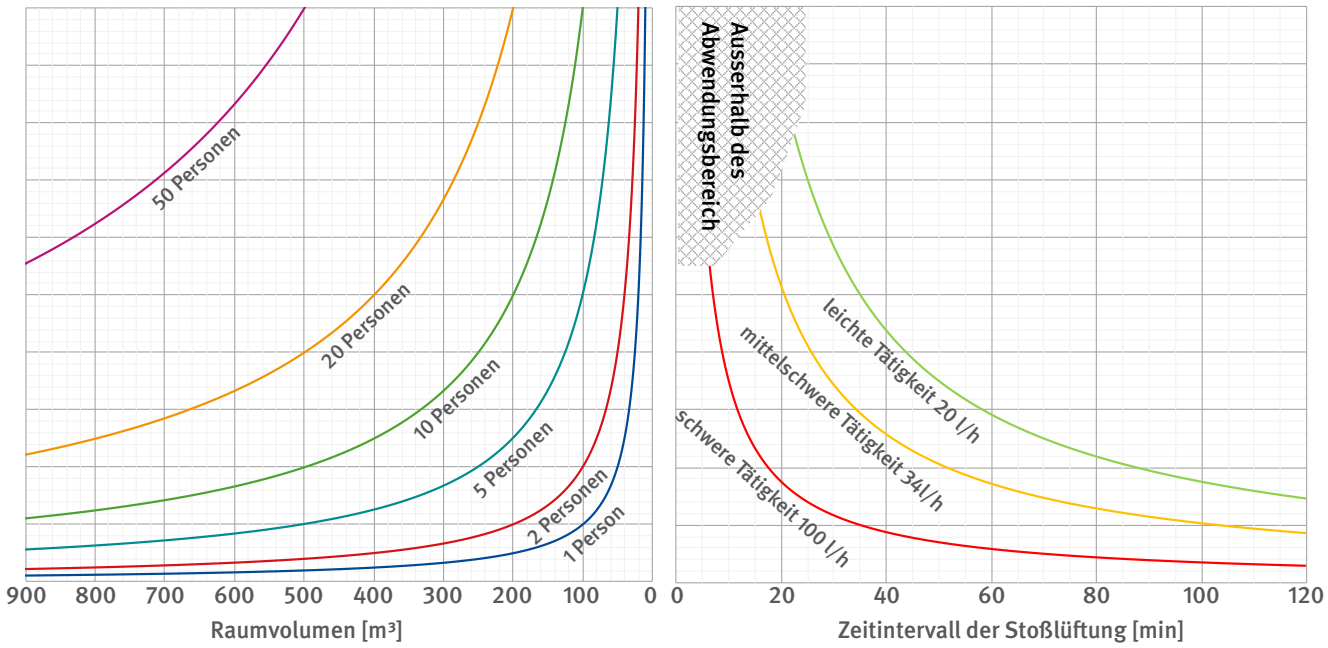


Abb. 16 Nomogramm zum Bestimmen des Zeitintervalls einer Stoßlüftung

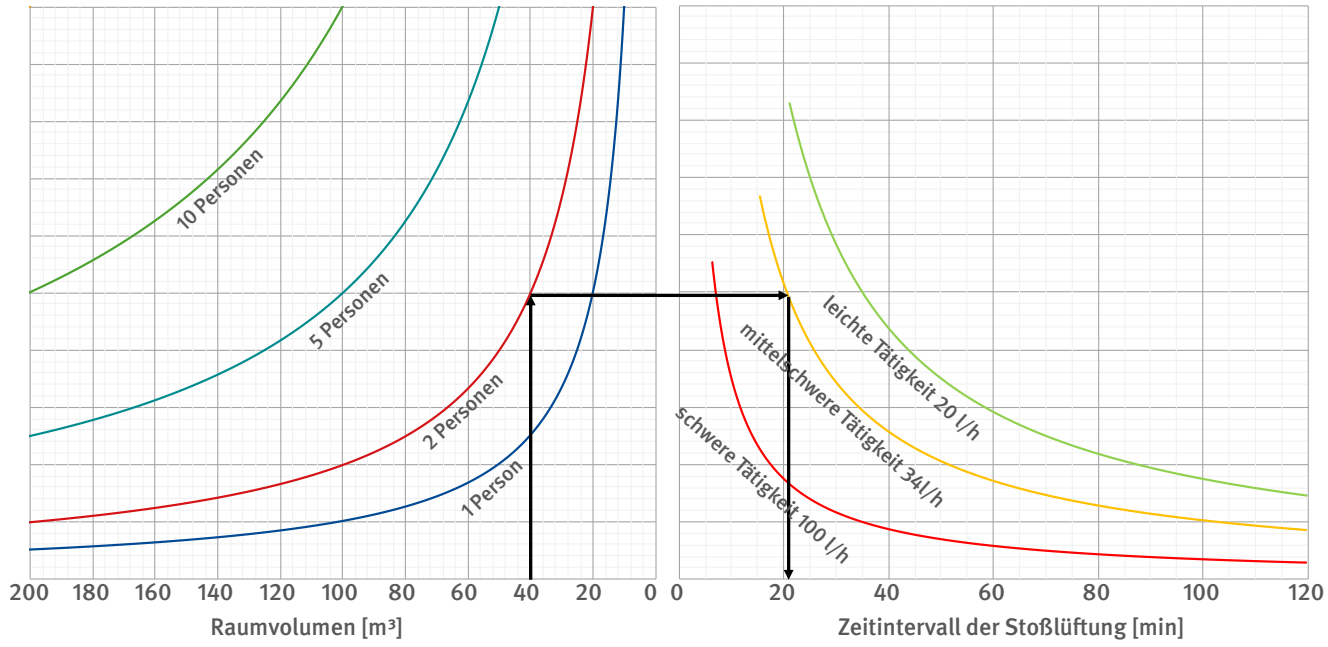


Abb. 17 Nomogramm zum Bestimmen des Zeitintervalls für eine Stoßlüftung mit Ablesebeispiel.

Tabelle 12
Ergebnisse der Berechnungen von Lüftungsintervalle für einen 53,5 m² großen Büroraum, ein 15 m² Büro und einen Besprechungsraum von 100 m² mit der DGUV-App „CO_2-Timer“. Das Lüftungsziel „gute Luftqualität“ wird durch das Unterschreiten der CO_2 Konzentration von 1000 ppm erreicht. Rot hinterlegt sind Lüftungsintervalle, die 20Minuten unterschreiten.

Anzahl	Lüftungsintervalle für das Lüftungsziel „gute Luftqualität“
Personen in einem Büro (53,5 m², Raumhöhe 2,50 m)	
4	49 min
6	32 min
8	24 min
Personen in einem kleinen Büro (15 m², Raumhöhe 2,50 m)	
1	54 min
2	27 min
Personen in einem Besprechungsraum (100 m², Raumhöhe 3 m)	
8	54 min
10	44 min
15	29 min
20	22 min
30	15 min

In Büro- und Besprechungsräumen führen Menschen leichte, überwiegend sitzende Tätigkeiten aus. Bei der Berechnung der Lüftungsintervalle wird die Aktivität der Personen berücksichtigt, da bei steigender Aktivität mehr CO_2 abgegeben wird. Die DGUV App „CO_2-Timer“ ist für Büro- und Besprechungsräume, Seminarräume und Unterrichtsräume in Schulen entwickelt worden. Sie gilt jedoch nicht für größerer Räume, in denen schwere oder mittelschwere Tätigkeiten ausgeführt werden, wie zum Beispiel Werk- oder Produktionshallen, Fitnessstudios oder Verkaufsräume. Für diese Räume können Lüftungsrechner oder Drehscheiben zur Ermittlung eines geeigneten Zeitpunktes herangezogen werden. Ergebnisse des Ablesens von Lüftungsintervalle für einen 250 m² großen Raum mit einer lichten Höhe von 3 m mit Hilfe der Drehscheibe BG BAU sind exemplarisch für eine unterschiedlich große



Abb. 18 Berechnungshilfen zum Bestimmen des Lüftungsintervalls: Die DGUV-App „CO_2-Timer“ und die Drehscheibe der BGN

Anzahl an Personen in Tabelle 13 aufgeführt. Das Lüftungsziel wird durch das Unterschreiten der CO_2-Konzentration von 1000 ppm erreicht. Ein natürlicher Luftaustausch durch offene Hallentore oder Undichtigkeiten im Gebäude wird in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Tabelle 13 Lüftungsintervalle für einen 250 m² großen Raum mit einer lichten Höhe von 3 m

Anzahl der Personen	Leichte Tätigkeiten	mittelschwerere Tätigkeiten ausführen	schwerere Tätigkeiten
10	105 min	62 min	44 min
15	71 min	42 min	29 min
20	54 min	32 min	22 min
25	43 min	26 min	18 min
30	36 min	22 min	15 min

7.3 Lüftungskonzept für eine technische Lüftung

Das Lüftungskonzept für eine technische Lüftung wird bereits bei der Planung der RLT-Anlage benötigt. Hauptsächlich ist für das Lüftungskonzept bei technischer Lüftung der Außenluftvolumenstrom wichtig. Zur Sicherstellung einer guten Raumluftqualität wird bei der Auslegung von RLT-Anlagen nach DIN EN ISO 16798 die Raum- bzw. Gebäudefläche und die Zahl der Raumnutzenden zur Berechnung des Außenluftvolumenstroms berücksichtigt.

Der gesamte Außenluftvolumenstrom ergibt sich als Kombination aus der Lüftung für Personen und der für das Gebäude notwendigen Lüftung.

$$\dot{V}_{Gesamt}\left[\frac{l}{s}\right] = n \cdot \dot{V}_P\left[\frac{l}{s}\right] + A_R[m^2] \cdot \dot{V}_R\left[\frac{l}{s \cdot m^2}\right]$$

mit

$\dot{V}_{Gesamt}$: Gesamter Außenluftvolumenstrom
n: Anzahl der sich im Raum aufhaltenden Personen
$\dot{V}_P$: Außenvolumenstrom pro Person
A_R: Grundfläche des Raumes
$\dot{V}_R$: Außenvolumenstrom für Gebäudeemissionen

Tabelle 14
Auslegungs-Außenluftvolumenstrom zur Verdünnung von Gebäudeemissionen in m³/h pro m² Raumfläche und Auslegungs-Außenluftvolumenstrom zur Verdünnung von menschlichen Ausdünstungen in m³/h nach DIN EN ISO 16798 Teil 1

Kategorie	Erwarteter Prozentsatz Unzufriedener [%]	Luftvolumen zur Verdünnung von Gebäudeemissionen in m³/h je m² Raumfläche			Luftvolumen je Person in m³/h
		Sehr schadstoffarmes Gebäude	Schadstoffarmes Gebäude	Nicht schadstoffarmes Gebäude	
I	15	1,80	3,60	7,20	36
II	**20**	**1,26**	**2,52**	**5,04**	**25**
III	30	0,72	1,44	2,88	14
IV	40	0,54	1,08	2,16	9

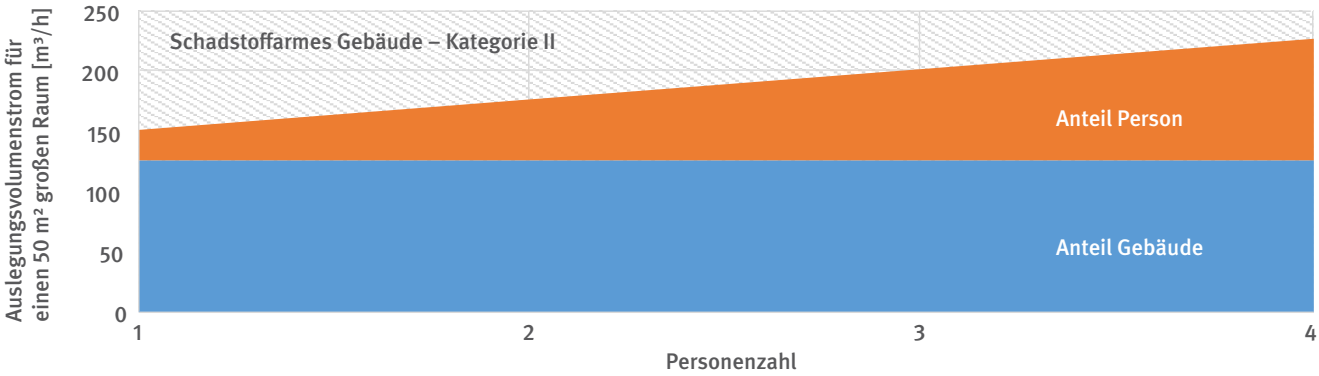


Abb. 19 Auslegungsvolumenstrom für einen 50 m² großen Raum in Abhängigkeit von der Personenzahl.

Hierbei werden unterschiedliche Gebäudearten zu Grunde gelegt. Es wird zwischen sehr schadstoffarmen, schadstoffarmen und nicht schadstoffarmen Gebäuden unterschieden. In der Regel ist von einem schadstoffarmen Gebäude auszugehen. Sehr schadstoffarme Gebäude erfordern bereits bei der Planung und Einrichtung die Verwendung sehr emissionsarme Bauprodukte (siehe Kapitel 5). Ehemalige Raucherräume und -gebäude werden als nicht schadstoffarm deklariert. Weiterhin könnten andere Umnutzungspläne eines Gebäudes, z. B. von einer ehemaligen Produktionshalle zu einem Bürogebäude dazu führen, das Gebäude als nicht schadstoffarm zu betrachten.

Neben der Gebäudeart ist der Anteil an unzufriedenen Personen bei den jeweiligen Auslegungsparametern zu berücksichtigen. Der Anteil an unzufriedenen Personen ist eine gängige Größe in der Raumklimatechnik und basiert auf empirischen Studien. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu wissen, dass immer ein Anteil der Raumnutzenden mit dem Raumklima und der Raumluftqualität unzufrieden sein wird. Zur Beschreibung sind vier Kategorien festgeschrieben. Für Räume im Neubau und in sanierten Bestandsgebäuden wird die Kategorie II[5] als Basis für die Auslegung empfohlen. Diese Empfehlung sollte in Arbeitsräumen mindestens eingehalten werden. Eine nachträgliche technische Anpassung der Auslegungsparameter, die bei aufkommenden Beschwerden der Beschäftigten unumgänglich wird, ist meist kaum realisierbar.

Der benötigte Außenluftvolumenstrom errechnet sich aus der Summe des Anteils für das Gebäude und des Anteils für die Personen. Abbildung 19 zeigt den Außenluftvolumenstrom für einen 50 m² Raum mit der Belegung bis zu vier Personen. Weitere Anforderungen an das Raumklima, insbesondere die Raumtemperatur und die mittlere Luftgeschwindigkeit sind bei der Auslegung auch zu beachten.

Der Außenluftvolumenstrom pro Person der DIN EN ISO 16798 Teil 3 bezieht sich auf eine leichte Tätigkeit. Für eine mittelschwere oder schwere Tätigkeit können die Außenluftvolumenströme anhand des nachfolgenden Diagramms (Abbildung 20) entnommen werden (im Anhang 4 ist eine Gleichung zur Berechnung des Außenluftvolumenstroms pro Person für verscheiden Aktivitäten beschrieben).

Weitere Informationen zur Planung von RLT-Anlagen finden sich neben der DIN EN ISO 16798 Teil 3 auch in VDI 3804 und VDI 3803 Blatt 1 und Blatt 2.

7.3.1 Neubau und Sanierung

Bei der Planung eines Neubaus sollte der Einbau einer RLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung [9] in Betracht gezogen werden. Im Hinblick auf Anforderungen an Energieeinsparung und durch den Klimawandel bedingte heißere Sommermonate wird dies zunehmend notwendiger. Gemäß § 10 Absatz 1 Gebäudeenergiegesetz (GEG) [10] sind Neubauten als Niedrigstenergiegebäude zu errichten.

[5] entspricht 20% mit der Raumluftqualität unzufriedener Personen

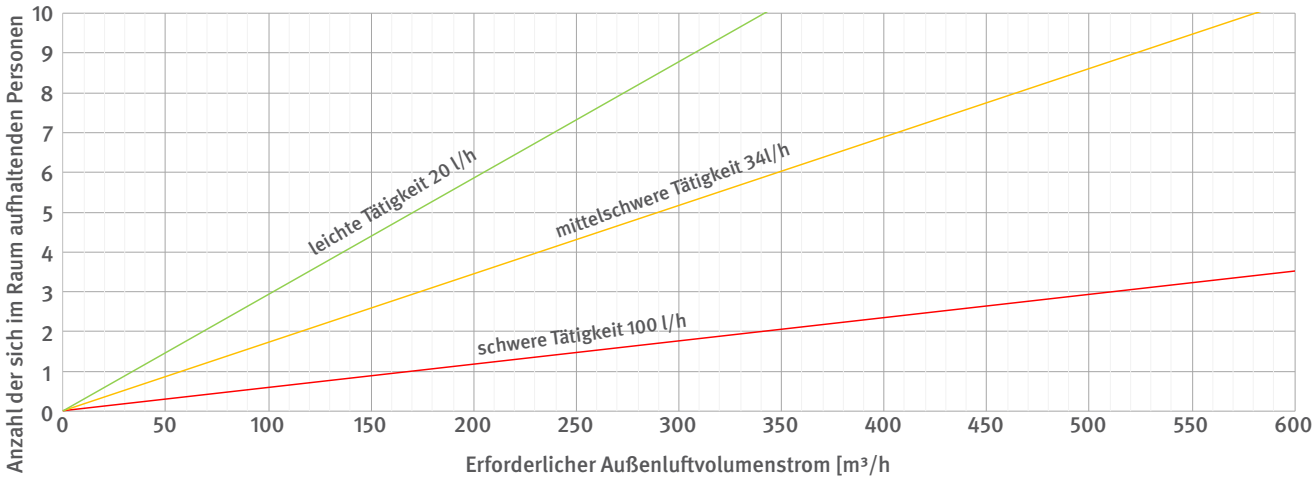


Abb. 20 Diagramm zur Bestimmung des Außenluftvolumenstroms pro Person für unterschiedliche Aktivitäten

Durch die immer höheren Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden wird die Gebäudehülle immer dichter, wodurch der natürliche Luftaustausch erschwert bis gar verhindert wird. Dadurch wird der Einbau einer RLT-Anlage oder zumindest einer zusätzlichen Zwangslüftung ebenfalls notwendig. Idealerweise wird daher aus den genannten Gründen bei einem Neubau eine zentrale RLT-Anlage eingebaut. Für die speziellen Anforderungen an ein Niedrigenergiegebäude oder ein zertifiziertes Gebäude, z. B. der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) [11] oder des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) [12], ist der Einbau einer technischen Lüftung bei Neubau meist unumgänglich.

Eine zentrale Aufgabe ist es, die RLT-Anlage bedarfsgerecht und möglichst wirtschaftlich auszulegen. Für die Ermittlung der notwendigen Luftvolumenströme müssen die voraussichtlichen aktuellen sowie evtl. zukünftigen Wärme-, Stoff- und Feuchtelasten berücksichtigt werden. Die einzelnen Elemente zum Erhalt eines gesundheitlich zuträglichen Raumklimas und der gesundheitlich zuträglichen Atemluft müssen dabei aufeinander abgestimmt sein, was insbesondere den Baukörper und die Anlagentechnik betrifft.

Bei der Planung von RLT-Anlagen in Neubauten müssen folgende Punkte passend zum (geplanten) Gebäude und der (zukünftigen) Nutzungsart geklärt werden:

- Art der Raumnutzung (Anzahl der Personen im Raum, welche Tätigkeiten, Art und Anzahl verwendeter Geräte)
- Anforderungen an die Raumluftqualität und das Raumklima
- Quell- oder Mischlüftung
- Art und Anordnung der Luftdurchlässe
- Evtl. zusätzliche Heizung / Kühlung (z. B. Flächenheiz- und Kühlsysteme)
- Notwendige Luftvolumenströme (Zu- und Abluft)
- Auslegung des Luftkanalnetzes
- Art der Mess- und Regeltechnik

Eine Checkliste mit Punkten, die bei Neubau, Sanierung oder Modernisierung zu berücksichtigen sind, und Personengruppen, die in das Vorhaben einzubinden sind, befindet sich in Anhang 5.

Neben den Vorteilen, ein energieeffizientes Gebäude zu betreiben, sorgt eine auf den Nutzungsbedarf ausgelegte, regelmäßig gewartete und fachgerecht instandgehaltene RLT-Anlage für einen kontinuierlichen und ausreichenden Luftaustausch. Auch im Hinblick auf den Klimawandel und der dadurch zunehmenden Wärmebelastung, können entsprechend ausgestattete RLT-Anlagen, z. B. mit Kühlfunktion, neben einer guten Luftqualität für ein zuträgliches Raumklima sorgen.

Fachplaner geben auch Auskunft über mögliche staatliche Förderprogramme, die beim Ein- oder Umbau einer RLT-Anlage in Anspruch genommen werden können.

Empfehlung für das Lüftungskonzept für Neubauten

Technische Lüftung mit (idealerweise) zentraler RLT-Anlage

7.3.2 Bestandsgebäude

Bestandsgebäude weisen oft eine undichtere Gebäudehülle auf als Neubauten. Hierdurch besteht ein Grundluftaustausch, der eine gewisse Luftqualität sicherstellt. Wegen der immer dichterwerdenden Gebäude durch die energetische Sanierung von Gebäuden bzw. der optimierten Bauweise neuerer Gebäude wird dieser Grundluftaustausch immer geringer. Bei vielen Bestandsgebäuden, insbesondere Schulen, Verwaltungs- oder Produktionsgebäuden, wird als Lüftungskonzept die freie Lüftung genutzt, um den notwendigen Luftaustausch sicherzustellen. Insbesondere in solchen Gebäuden bzw. bei dessen Nutzung kommt die freie Lüftung schnell an ihre Grenzen. In Unterrichts- oder Seminarräumen sind in der Regel viele Personen anwesend, wodurch sich ein kurzes Lüftungsintervall ergibt, welches gerade in den kalten Wintermonaten und den heißen Sommermonaten zu niedrigen bzw. hohen Raumtemperaturen führt. Ebenso ist das Lüften über Fenster in Großraumbüros oder in Open Space Offices nicht zielführend.

In bestehenden Gebäuden kann aufgrund der Gebäude- und Nutzungsstruktur nicht immer die Lösung einer zentralen RLT-Anlage gewählt werden. In kleineren Einheiten, wie z. B. einem 2-Personen-Büro kann mit einem geeigneten Lüftungskonzept die Luft regelmäßig über die freie Lüftung ausgetauscht und verbessert werden. Problematisch sind innenliegende Räume ohne Fenster. Hier muss auf eine technische Lösung zurückgegriffen werden, da solche Räume ansonsten als Arbeitsräume nicht geeignet sind.

Sollen in einem Bestandsgebäude bauliche Änderungen erfolgen, wird entweder von Modernisierung (kleine bauliche Änderung in der Regel ohne Bauantrag, z. B. Austausch von Fenstern oder der Heizungsanlage) oder Sanierung (größere bauliche Änderung in der Regel mit Bauantrag, z. B. wesentlichen Änderung im Erscheinungsbild oder Änderungen an tragenden Bauteilen wie Wänden oder Decken) gesprochen. In diesem Fällen sollte geprüft werden, inwiefern eine technische Lüftung eingebaut werden kann. Je nach Umfang der baulichen Änderung, Gebäudestruktur oder Nutzung kommt eine zentrale oder dezentrale RLT-Anlage in Betracht. Abbildung 21 zeigt die Funktionsweise einer dezentralen RLT-Anlage.

Dezentrale Lüftungsgeräte werden direkt in die Außenwand oder die Dachhaut des Gebäudes eingesetzt. Diese Geräte sind mit einem Ventilator, Filter und Wärmerückgewinnung ausgestattet. Dabei strömt verbrauchte warme Luft durch den Wärmetauscher und gibt Wärme an die Frischluft ab.

Empfehlendes Lüftungskonzept für Bestandsbauten

- Bis zu einer energetischen Modernisierung oder Sanierung: Freie Lüftung, wenn nach ASR A3.6 „Lüftung“ möglich und sich nicht zu kurze Lüftungsintervalle ergeben. Ist eine freie Lüftung nach ASR A3.6 „Lüftung“ nicht möglich und auch keine andere Lüftungsart vorhanden, kann der Raum nicht als Arbeitsraum genutzt werden.
- Sanierung des Gebäudes: idealerweise zentrale RLT-Anlage, wenn es die Gebäudestruktur zulässt. Ansonsten dezentrale RLT-Anlage ggf. als hybride Lüftung.
- Modernisierung des Gebäudes: dezentrale RLT-Anlage ggf. als hybride Lüftung.

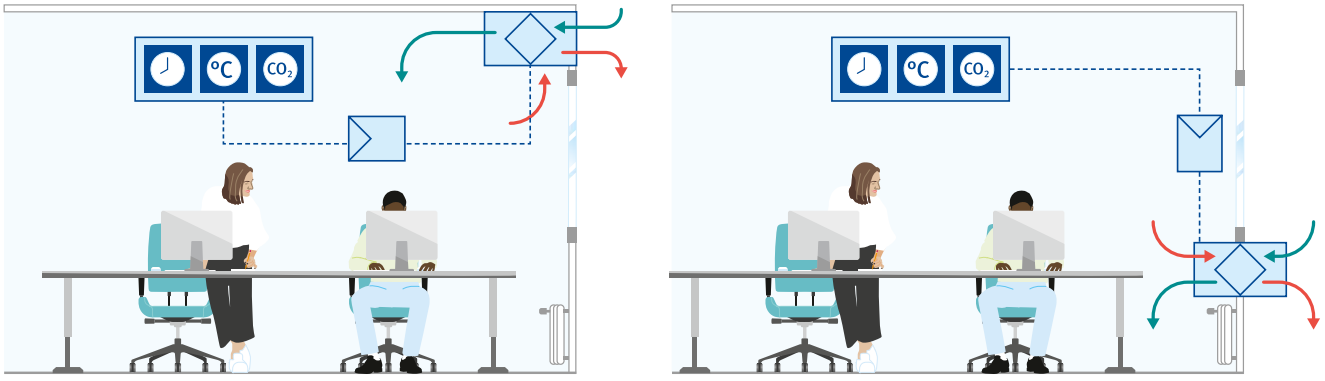


Abb. 21 Prinzip einer dezentralen raumlufttechnischen Anlage (Deckengerät und Brüstungsgerät)

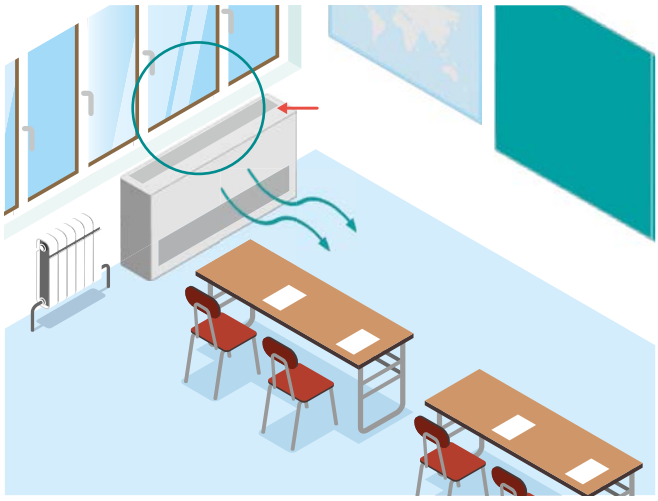


Abb. 22 Nachrüstung eines dezentralen Lüftungsgeräts mit Wärmerückgewinnung in einem Unterrichtsraum

7.3.3 Empfehlungen für Bildungseinrichtungen

Auch in Bildungseinrichtungen sind gute Raumluftqualität und gutes Raumklima wichtig für Gesundheit und Wohlbefinden sowie für erfolgreiches Lernen und Lehren. Aufgrund der hohen Zahl an anwesenden Personen in Bezug zur Raumgröße wird der erforderliche Luftaustausch häufig nur mit einer technischen Lüftung erreicht. Über eine freie Lüftung (regelmäßiges Stoßlüften) kann dieser erforderliche Luftaustausch meist nicht dauerhaft gewährleistet werden. [13] Daher sollte auch für Schulgebäude, Kindertageseinrichtungen, Bildungszentren etc. bei der Planung eines Neubaus oder einer Sanierung der Einbau einer RLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung grundsätzlich gefordert und ein entsprechendes ausführliches Lüftungskonzept erstellt werden (siehe Kapitel 5).

In Bestandsbauten können dezentrale Lüftungsgeräte relativ einfach nachgerüstet werden. Hier bieten sich auch hybride Lüftungssysteme an, so dass entweder über Fenster gelüftet werden kann oder die dezentralen Lüftungsgeräte das Lüften unterstützen. Insbesondere in solchen Räumen, müssen die Raumnutzerinnen und Raumnutzer über die Funktionsweise und das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten informiert und eingewiesen werden.

Ist der Einbau einer technischen Lüftung (noch) nicht vorgesehen, dann ist unbedingt ein regelmäßiges Lüften über die Fenster, ggf. auch während des Unterrichts, erforderlich. CO_2-Ampeln oder Berechnungstools können zur Bestimmung der Lüftungsintervalle eine Hilfestellung geben (siehe Kapitel 2.1). Hier ist die Erstellung eines Lüftungsplans, sowohl für die Sommer- als auch die Winterzeit, notwendig. Darin sollten die Maßnahmen, gemeinsame Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten von Lehrenden und Lernenden klar geregelt und kommuniziert werden. Während des Lüftens dürfen die geöffneten Fenster keine zusätzliche Gefährdung durch Anstoßen o.ä. darstellen.

Mit der DGUV-App „CO_2-Timer“ kann das Lüftungsintervall in Unterrichtsräumen bestimmt werden. Die Berechnung des Lüftungsintervalls für die Primar- und Sekundarstufe basiert auf den Ergebnissen einer Studie, in der die CO_2-Konzentration in Unterrichtsräumen gemessen wurde.

Allgemeine Informationen zu Lüften in Schulen können über das Internetportal „Sichere Schule“ erhalten werden. Konkretere Informationen zu Planung und Ausführung bieten z. B. die Empfehlungen des Umweltbundesamtes und die VDI 6040. Die Informationen und Empfehlungen für Schulen können auch für weitere Bildungseinrichtungen, z. B. Bildungszentren, Seminarräume und Sprachschulen, herangezogen werden.

Empfehlendes Lüftungskonzept für Bildungseinrichtungen

- Vor dem Unterricht und in den Pausen: Stoßlüftung
- Zusätzliche Stoßlüftung während des Unterrichts nach Abschätzung des Lüftungsintervalls.
- Wenn während des Unterrichts nicht möglich ist: Lüften durch Kippstellung.

Allgemeine Informationen zu Lüften in Schulen:
Startseite – Sichere Schule (sichere-schule.de)
Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Bildungseinrichtungen | Umweltbundesamt

8 Einsatz von Luftreinigern

Luftreiniger können je nach Ausführung Partikel, mikrobielle Kontaminationen und gasförmige Verbindungen aus der Luft entfernen und somit zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen. Das kann durch Schwebstaub-/Feinstaubfilter oder Elektroabscheider (für Partikel) erfolgen oder in Kombination mit UV-C-Strahlung (für Partikel und mikrobielle Kontaminationen wie Viren, Bakterien oder Pilzsporen). Gasförmige Verbindungen (z. B. VOC, TVOC) können z. B. mit Aktivkohlefiltern abgeschieden werden. Es kommen auch Luftbehandlungsmethoden auf Basis von z. B. Ozon, kaltem Plasma oder Ionisation zum Einsatz, deren Wirksamkeit im Einzelfall geprüft werden muss (siehe z. B. VDI EE 4300 Blatt 14, 2021-09)). Eine Luftreinigung über Filtration und die Luftbehandlung mit UVC-Strahlung findet auch in RLT-Anlagen Anwendung.

Zumeist werden Luftreiniger als dezentrale, mobile Umluftgeräte in Innenräumen eingesetzt, die frei im Raum platziert werden können und nur einen Stromanschluss benötigen. Allerdings wird durch den Umluftbetrieb keine Außenluft in den Innenraum geführt, vielmehr wird die vorhandene Luft gleichmäßig im Raum verteilt. Zur Reduktion von Stoffen aus der Innenraumluft, z. B. Viren, Bakterien, Pollen, Feinstaub oder Ausdünstungen von Einrichtungsgegenständen, ist jedoch eine Luftreinigung weniger effektiv als die direkte Frischluftzufuhr von außen. Effektiv können Luftreiniger zur kurzzeitigen Verminderung von z. B. Pollen oder anderen Allergenen eingesetzt werden.

Bei der Filtration müssen die Luftreiniger zur Abscheidung von Viren mit höherwertigen Filtern z. B. Klasse ePM1 50 % (früher F7) oder ePM1 80 % (früher F9), besser noch mit einem HEPA-Filter (H13 oder H14) ausgestattet sein. Eine Luftbehandlung mit UV-C-Strahlung kann als Ergänzung zur Filtration sinnvoll sein, sofern die gerätespezifischen Betriebsparameter, z. B. Strahlendosis, bekannt sind. Dabei dürfen die Beschäftigten nicht durch austretende UV-C-Strahlen gefährdet werden.

Bei Geräten mit anderen Reinigungstechniken als der Filtration, z. B. UV-C-Strahlung, Ionisation, Plasmafilter, erfolgt die Reduktion von mikrobiellen Kontaminationen durch Inaktivierung. Bei deren Einsatz müssen zum einen entsprechende Nachweise über die Wirksamkeit erbracht werden und zum anderen muss ein Nachweis vorliegen, dass keine gesundheitsgefährdenden Stoffe (z. B. Ozon, Stickoxide) oder gesundheitsgefährdende Strahlung in die Raumluft abgegeben werden. Die entsprechenden Nachweise sollten auf anerkannten Prüfverfahren basieren. Von einer Luftreinigung mit Desinfektionsmitteln oder Wasserstoffperoxid wird dringend abgeraten.

Luftreiniger können insbesondere in kleineren und mittleren Räumen mit hoher Personenzahl, z. B. Wartezimmer einer Arztpraxis, eingesetzt werden, wo es keine ausreichende Lüftung über die Fenster gibt und auch keine RLT-Anlage vorhanden ist. Dabei müssen sie entsprechend der Raumgröße dimensioniert und an geeigneten Stellen im Raum positioniert sein (möglichst freistehend, nicht in einer Raumecke). Je nach eingestellter Leistung des Luftreinigers erzeugen sie störende Geräusche, was die Akzeptanz durch die Raumnutzenden mindert. Da Luftreiniger nur in Umluft betrieben werden, ist stets auf eine ausreichende Lüftung zu achten.

In hohen oder großen Räumen erfolgt wegen des großen Luftvolumens eine starke Verdünnung von Stofflasten und wegen der komplexen Raumströmung sind die Einsatzbedingungen für Luftreiniger erschwert. Deswegen hat hier der ergänzende Einsatz eines Luftreinigers nur wenig Wirkung. Zudem gibt es hier aufgrund der hohen Stofflasten einen erhöhten Wartungsbedarf, sonst kann es zu Hygieneproblemen in den Luftreinigern kommen. Insofern sind hier Luftreiniger wenig zielführend.

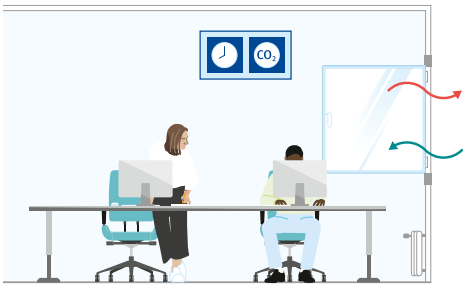
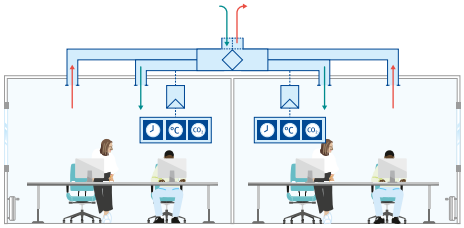
Weitergehende Informationen zum Einsatz von Luftreinigern sind enthalten in:

- *Hinweise der DGUV zum ergänzenden Einsatz von Luftreinigern zum Infektionsschutz in der SARS-CoV-2-Epidemie | DGUV Publikationen* und in
- *BAuA – baua: Fokus – Erweiterter Infektionsschutz durch mobile Raumluftreiniger? – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*
- *Fachbereich AKTUELL Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung von UV-C Geräten zur Luft- und Oberflächendesinfektion an Arbeitsplätzen*

Empfehlung vor und bei dem Einsatz von Luftreinigern

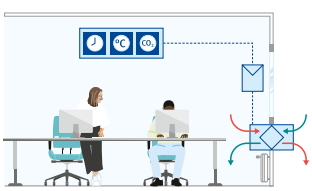
- Vor der Beschaffung von mobilen Luftreinigern sollte geprüft werden, ob nachhaltigere Maßnahmen, wie z. B. eine Nachrüstung von dezentralen Lüftungsgeräten möglich wären.
- Für eine ausreichende Frischluftzufuhr von außen muss immer gesorgt werden.
- Das Verhältnis von Raumgröße zur Leistungsfähigkeit des Luftreingers beachten. Bei größeren Räumen mobile Luftreiniger in der Nähe der anwesenden Personen aufstellen. Mögliche Beeinträchtigung durch Lärm berücksichtigen.
- Zur Abscheidung von Partikeln sind insbesondere Luftreiniger auf Basis einer filtrierenden Technik geeignet (z. B. Filter Klasse PM1 50 %/ePM1 80 % oder besser Schwebstofffilter H13/H14).
- Beim Einsatz von Geräten mit anderen Reinigungstechniken (UV-C-Strahlung, Ionisation, Plasmafilter etc.) müssen zum einen entsprechende Nachweise über die Wirksamkeit gebracht werden und zum anderen muss ein Nachweis vorliegen, dass keine gesundheitsgefährdenden Stoffe (z. B. Ozon, Stickoxide) oder gesundheitsgefährdende Strahlung in die Raumluft abgegeben werden. Die entsprechenden Nachweise sollten möglichst auf anerkannte Prüfverfahren (z. B. nach VDI-EE 4300 Blatt 14) basieren.
- Von einer Luftreinigung mit Desinfektionsmitteln oder Wasserstoffperoxid wird dringend abgeraten.
- Fachgerechte Instandhaltung und Wartung der Luftreiniger, insbesondere der Filter. Zusätzlich sollten regelmäßige Kontrollen der Leistungsfähigkeit des Luftreinigers durchgeführt werden. Das sollte durch fachkundige Personen erfolgen

Anhang 1
Beschreibung und Funktionsprinzipien von Systemen zur Lüftung

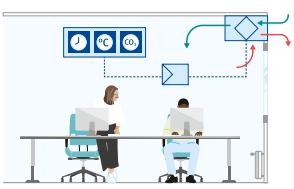
Lüftungsart / Beschreibung		Empfohlen für	Lüftungskonzepte
Freie Lüftung • Stoßlüften über Fenster • abhängig von Witterungsbedingung, Raumgröße		Bestandsgebäude (wenn technische Lösung nicht möglich)	• Lüftungsplan für jeden Raum erstellen, Raumnutzende darin einweisen • Lüftungsintervalle abhängig von Raumgröße, Anzahl anwesender Personen, Sommer- und Winterbetrieb • CO_2 messen oder berechnen, z. B. DGUV App „CO_2-Timer“
Technische Lüftung (zentral) • Versorgung eines Gebäudes oder Gebäudeteils mit aufbereiteter Außenluft • Luft wird gefiltert, erwärmt und ggf. zusätzlich gekühlt, be- oder entfeuchtet		Neubau, Sanierung	• Auslegung entsprechend vorgesehener Nutzung, Raumluftqualität/-klima (Wärme-, Stoff- und Feuchtelasten) • Lüftungskonzept für Gebäude und für jeden Raum, Sommer- und Winterbetrieb erstellen • Raumnutzende in Lüftungskonzept inkl. Handlungsanleitung einweisen • Mess- und Regelungstechnik, z. B. über CO_2 • Regelmäßige Wartung, Instandhaltung, Hygieneinspektionen • Technische Dokumentation, Pläne der Anlage erstellen und aufbewahren
Technische Lüftung (dezentral) • Versorgung eines Raumes mit aufbereiteter Außenluft • Luft wird gefiltert und erwärmt	Verschiedene Varianten möglich	Sanierung Bestandsgebäude	• Auslegung entsprechend vorgesehener Nutzung, Raumluftqualität/-klima (Wärme-, Stoff- und Feuchtelasten) • Lüftungskonzept für jeden Raum, Sommer- und Winterbetrieb erstellen • Raumnutzende in Lüftungskonzept inkl. Handlungsanleitung einweisen • Mess- und Regelungstechnik, z. B. über CO_2 • Regelmäßige Wartung, Instandhaltung, Hygieneinspektionen • Technische Dokumentation, Pläne der Geräte erstellen und aufbewahren

Mögliche Varianten der dezentralen technischen Lüftung

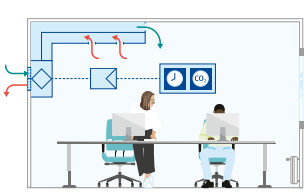
Variante: Brüstungsgerät



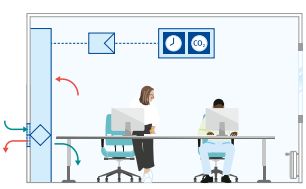
Variante: Deckengerät

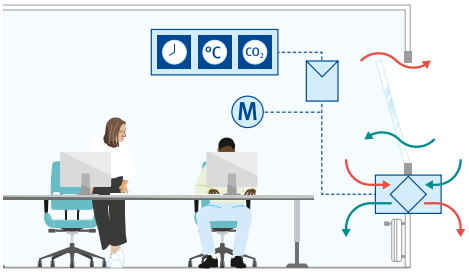


Variante: Wandgerät



Variante Standgerät



Lüftungsart / Beschreibung		Empfohlen für	Lüftungskonzepte
Hybride Lüftung • Versorgung eines Raumes über freie Lüftung und mit aufbereiteter Außenluft • Technischer Anteil der Lüftung wird gefiltert und erwärmt		Sanierung, Bestands-gebäude	• Lüftungsintervalle für Anteil freie Lüftung abhängig von Raumgröße, Anzahl anwesender Personen, Sommer- und Winterbetrieb • Auslegung dezentrale Lüftung entsprechend vorgesehener Nutzung, Raumluftqualität/-klima (Wärme-, Stoff- und Feuchtelasten) • Mess- und Regelungstechnik, z. B. über CO_2 • Lüftungsplan für jeden Raum erstellen, Raumnutzende darin einweisen • Regelmäßige Wartung, Instandhaltung, Hygieneinspektionen der dezentralen Lüftungsgeräte • Technische Dokumentation, Pläne der Geräte erstellen und aufbewahren

Legende:

Zuluft:

Abluft:

Regler:

Regelgrößen:

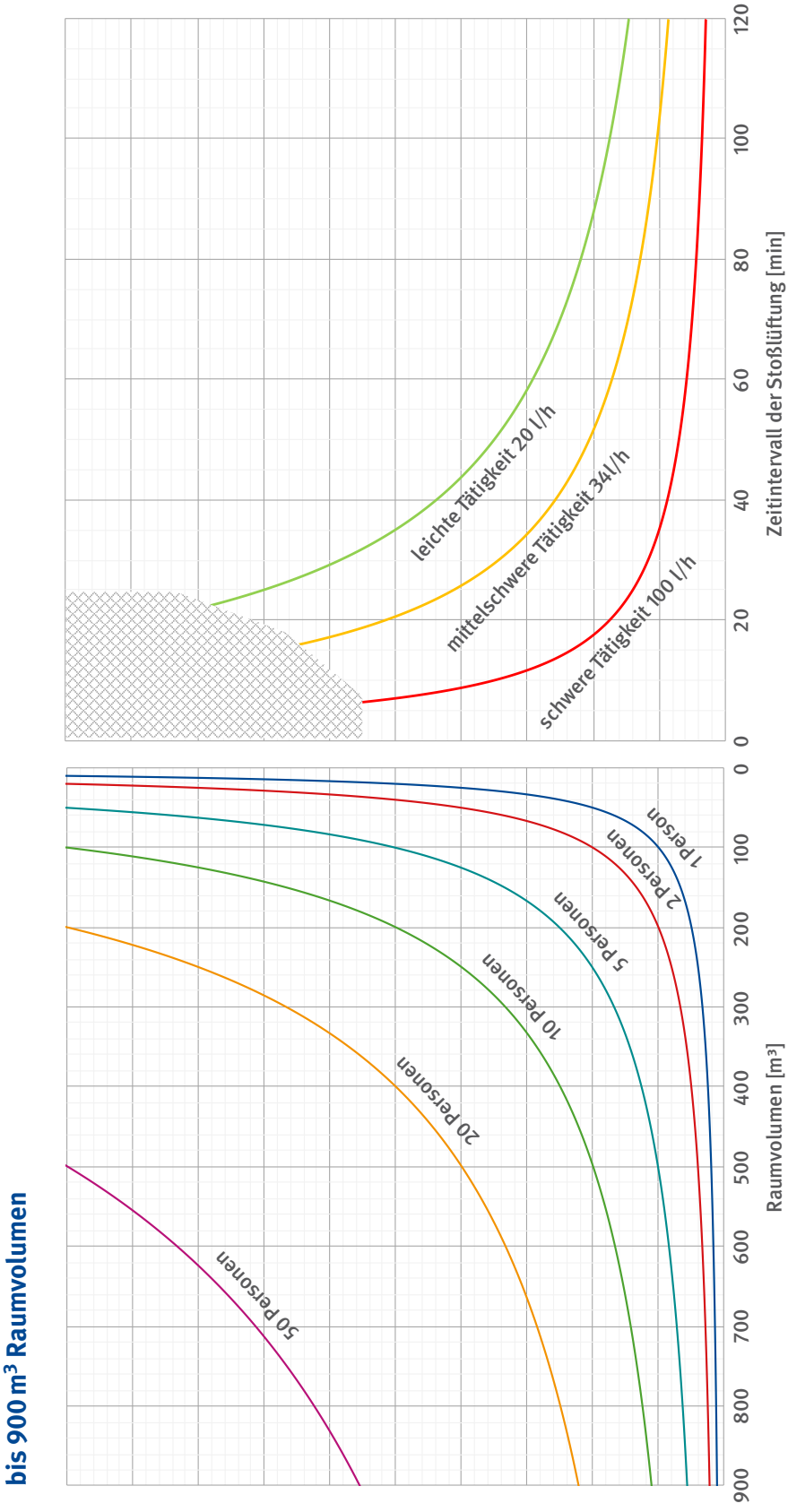
Wärmetauscher:

Motor:

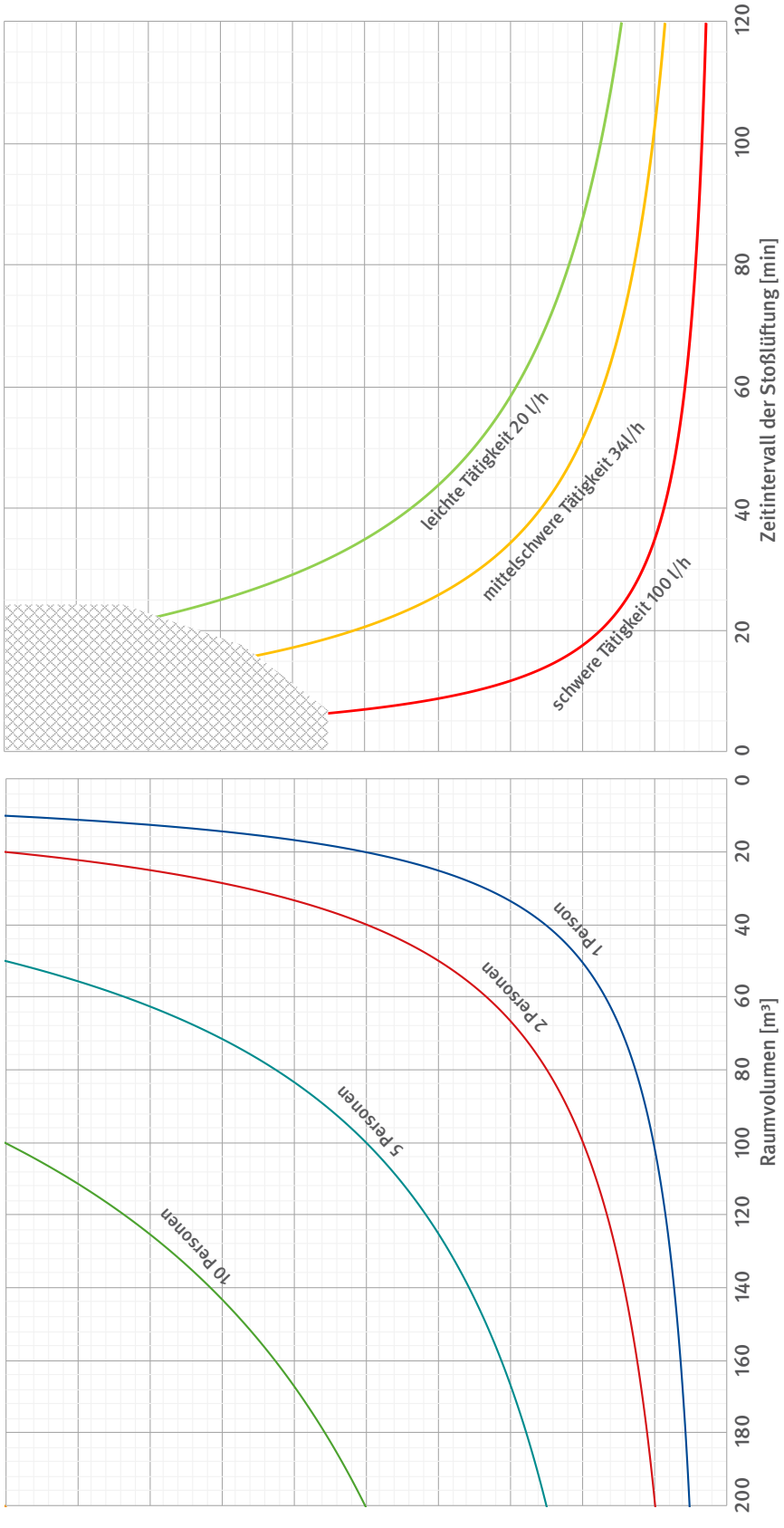
Anhang 2
Vorlage Lüftungsplan

Raum:	*Hinweis: Raumname, -nummer*		
Raumgröße:			
Max. Belegung:	*Hinweis: Für wieviele Personen ist das Lüftungskonzept ausgelegt? Wieviel Personen können max. in den Raum?*		
Art der Lüftung	☐ **Freie Lüftung**	☐ **Technische Lüftung**	☐ **Hybride Lüftung**
Lüften des Raumes mit weit geöffneten Fenstern (Stoßlüften)	*Hinweis: Nach welchem Zeitraum ist zu Lüften (Angaben in Minuten)*		
Dauer des Lüftens:	*Je nach Witterung 3 min (Winter) – 10 min (Sommer)*		
Regelung der Lüftungsanlage über	*Hinweis: Wo befindet sich die Regler der Anlage? Im Raum? Zentral?*		
Reaktionszeit bei hybrider Lüftung	*Hinweis: Wie lange benötigt die technische Lüftung um nach freier Lüftung die gewünschten Parameter zu erzeugen?*		
Ansprechpartner:	*Hinweis: Wer kann weitere Auskunft geben? Wer hilft bei Störungen?*		
Letzte Überprüfung des Lüftungs-konzeptes:			

Anhang 3
Nomogramm



bis 200 m³ Raumvolumen



Anhang 4
Berechnungsgrundlagen für den Luftaustausch

Der notwendige Luftaustausch, der für eine gute Innenraumluftqualität notwendig ist, ist maßgebend von dem CO_2-Ausstoß der im Raum anwesenden Personen abhängig. Das ausgeamtete CO_2 hängt von der Tätigkeit bzw. der körperlichen Aktivität der Personen ab. Der CO_2-Ausstoß einer Person kann nach Rietschel [9] vereinfacht berechnet werden:

$$\dot{V}_{CO_2}\,[l/h] = 17 \cdot M\,[met] \qquad \text{Gleichung 2}$$

mit
$\dot{V}_{CO_2}$: Ausgeatmeter CO_2-Volumenstrom
M: bezogener Gesamtenergieumsatz

Werte für den aktivitätsbezogenen Gesamtenergieumsatz sowie der sich daraus ergebende ausgeatmete CO_2-Volmunestrom sind in Tabelle 15 zu finden:

Tabelle 15
Werte für bezogener Gesamtenergieumsatz und ausgeatmeter CO_2-Volumenstrom pro Person in met in Anlehnung an Rietschel [9] und in W nach DIN EN ISO 7730

Aktivität	Bezogener Gesamtenergieumsatz [met]	Bezogener Gesamtenergieumsatz [W]	CO_2- Volumenstrom [l/h]
Grundumsatz	0,8	84	14
Entspanntes Sitzen	1,0	104	17
Entspanntes Stehen	1,2	125	20
Leichte, überwiegend sitzende Tätigkeit	1,2	125	20
Stehende Tätigkeit I: Geschäft, Labor, Leichtindustrie	1,6	167	27
Stehende Tätigkeit II: Verkauf, mittelschwere Haus- und Maschinenarbeit	2,0	209	34
Schwerarbeit an Maschinen, Werkstattarbeit	2,8	295	48
Körperlich sehr schwere Arbeit	5	520	85
Sport, Leistungssport	bis zu 10	Bis 1044	bis zu 170

Die mittlere CO_2-Konzentration im Raum kann in Abhängigkeit der Zeit mit Werten der folgenden Gleichung wie folgt berechnet werden:

$$c_{CO_2}(t)\,[ppm] = c_{START}\,[ppm] + \frac{\dot{V}_{CO_2}\left[\frac{l}{h}\right] \cdot n \cdot t_{[h]} \cdot 1000\left[\frac{ml}{h}\right]}{V_{Raum}\,[m^3]}$$

Gleichung 3

mit
c_{CO_2}: CO_2-Konzentration zum Zeitpunkt t
c_{START}: CO_2-Konzentration im Raum zu Beginn der Nutzung
$\dot{V}_{CO_2}$: Ausgeatmeter CO_2-Volumenstrom pro Person
n: Anzahl der sich im Raum aufhaltenden Personen
t: Zeit
V_{Raum}: Raumvolumen

Wenn die CO_2-Konzentration im Raum zu Beginn der Nutzung nicht bekannt ist, kann herfür vereinfacht die CO_2-Konzentration von 420 ppm angenommen werden. Der Umrechnungsfaktor von 1000 ml/l ist notwendig um auf die Einheit ppm zu kommen. Da ml/m³ der Einheit ppm entsprechen.

Freie Lüftung
Das Zeitintervall der Stoßlüftung kann aus Gleichung 2 abgeleitet werden, in dem die „CO_2-Konzentration zum Zeitpunkt t“ mit der „CO_2-Konzentration zu Beginn der Lüftung“ gleichgesetzt wird und die Gleichung zur „Zeit t“ umgestellt wird. Somit ergibt sich das „Zeitintervall der Stoßlüftung “:

$$t_{Lüftung}\,[min] = \frac{V_{RAUM}\,[m^3] \cdot c_{ZIEL}[\mathrm{ppm}] \cdot 60\left[\frac{min}{h}\right]}{\dot{V}_{CO_2}\left[\frac{l}{h}\right] \cdot n \cdot 1000\left[\frac{min}{h}\right]}$$

Gleichung 4

mit
$t_{Lüftung}$: Zeitintervall der Stoßlüftung
V_{Raum}: Raumvolumen
c_{ZIEL}: CO_2-Konzentration zu Beginn der Lüftung in der Regel 1000 ppm
c_{START}: CO_2-Konzentration im Raum zu Beginn der Nutzung
$\dot{V}_{CO_2}$: Ausgeatmeter CO_2-Volumenstrom pro Person
n: Anzahl der sich im Raum aufhaltenden Personen

Das Nomogramm zur Ermittlung des Lüftungsintervall (Abbildung 16) ist aus Gleichung 3 abgeleitet. Dabei wurde als CO_2-Konzentration zu Beginn der Lüftung ein Wert von 1000 ppm und die CO_2-Konzentration im Raum zu Beginn der Nutzung von 420 ppm (CO_2-Konzentration der Außenluft) angenommen.

Technische Lüftung
Für eine technische Lüftung ergibt sich bei gleichmäßiger Verteilung des Kohlendioxids sich die CO_2-Konzentration im Raum aus dem ausgeatmeten CO_2-Volumenstrom in Abhängigkeit von der Aktivität und dem Außenluftvolumenstrom.

$$c_{CO2}[ppm] = c_{zu}[ppm] + \frac{\dot{V}_{CO_2}\left[\frac{l}{h}\right] \cdot n \cdot 1000\left[\frac{ml}{h}\right]}{V_{ZU}\left[\frac{m^3}{h}\right]}$$

Gleichung 5

mit
c_{CO_2}: CO_2-Konzentration im Raum
c_{zu}: CO_2-Konzentration der Außenluft
$\dot{V}_{CO_2}$: Ausgeatmeter CO_2-Volumenstrom pro Person
n: Anzahl der sich im Raum aufhaltenden Personen
$\dot{V}_{ZU}$: Außenluftvolumenstrom

Der Umrechnungsfaktor von 1000 ml/l ist notwendig um auf die Einheit ppm zu kommen.

Aus Gleichung 4 kann der erforderliche Außenluftvolumenstrom bestimmt werden.

$$\dot{V}_{Erforderlich}\left[\frac{m^3}{h}\right] = \frac{\dot{V}_{CO_2}\left[\frac{l}{h}\right] \cdot n \cdot 1000\left[\frac{ml}{h}\right]}{c_{ZIEL}[ppm] - c_{ZU}[ppm]}$$ Gleichung 6

mit
$\dot{V}_{Erforderlich}$: Erforderlicher Außenluftvolumenstrom
$\dot{V}_{CO_2}$: Ausgeatmeter CO_2-Volumenstrom pro Person
n: Anzahl der sich im Raum aufhaltenden Personen
c_{ZIEL}: Ziel CO_2-Konzentration im Raum
c_{ZU}: CO_2-Konzentration der Außenluft

Der Umrechnungsfaktor von 1000 ml/l ist notwendig, um auf die Einheit m³ zu kommen

Das Diagramm zur Bestimmung des Außenluftvolumenstroms pro Person für unterschiedliche Aktivitäten (Abbildung 20) ist aus Gleichung 5 abgeleitet. Dabei wurde als Ziel CO_2-Konzentration im Raum ein Wert von 1000 ppm die CO_2-Konzentration der Außenluft von 420 ppm angenommen.

Anhang 5
Checkliste Neubau/Sanierung

Art des Vorhabens	Empfohlenes Lüftungskonzept	Beteiligte Personengruppe	Benötige Informationen
Neubau Benötigt einen Bauantrag[1)]	• Technische Lüftung mit zentraler RLT-Anlage	☐ Architekten/Architektinnen ☐ Statiker/-innen ☐ Energieberater/-innen ☐ andere Fachplaner/-innen nach Aufgabe und Umfang (Brandschutz, TGA, Raumakustik etc.) ☐ Fachfirma (Lüftungsbau) ☐ Fachkraft für Arbeitssicherheit/Betriebsarzt	☐ Nutzung (Büro, Klassenzimmer, Verkaufsraum etc.) ☐ Interne Wärmequellen (Anzahl der Personen im Raum, elektrische Geräte) ☐ Externe Wärmequelle (Sonneneinstrahlung, zu erwartende maximale Außentemperatur) ☐ Vorhandene Außenluftqualität ist abhängig von der Lage (z. B. direkt an einer Autobahn oder Bahntrasse, am Waldrand etc.)[2)] ☐ Erforderliche Innenraumluftqualität in Abhängigkeit der Nutzung
Sanierung Benötigt ggf. einen Bauantrag[1)]	• Technische Lüftung mit idealerweise zentraler RLT-Anlage • Technische Lüftung mit dezentralen RLT-Anlagen • Ggf. hybride Lüftung	☐ Architekten/Architektinnen ☐ Fachkraft für Arbeitssicherheit/Betriebsarzt ☐ Energieberater/-innen ☐ Fachfirma (Lüftungsbau) ☐ ggf. Statiker/-innen ggf. andere Fachplaner/-innen nach Aufgabe und Umfang (Brandschutz, TGA, Raumakustik etc.)	☐ Nutzung (Büro, Klassenzimmer, Verkaufsraum etc.) ☐ Interne Wärmequellen (Anzahl der Personen im Raum, elektrische Geräte) ☐ Externe Wärmequelle (Sonneneinstrahlung, zu erwartende maximale Außentemperatur) ☐ Vorhandene Außenluftqualität ist abhängig von der Lage (z. B. direkt an einer Autobahn oder Bahntrasse, am Waldrand etc.)[2)] ☐ Erforderliche Innenraumluftqualität in Abhängigkeit der Nutzung
Modernisierung Benötigt in der Regel keinen Bauantrag[1]	• Technische Lüftung mit idealerweis dezentralen RLT-Anlagen • Ggf. hybride Lüftung	☐ Fachfirma (Lüftungsbau) ☐ Fachkraft für Arbeitssicherheit/Betriebsarzt ☐ Energieberater/-innen ☐ ggf. Fachplaner/-innen TGA ☐ ggf. weitere Fachplaner/-innen je nach Aufgabe und Umfang (Brandschutz, Raumakustik etc.)	☐ Nutzung (Büro, Klassenzimmer, Verkaufsraum etc.) ☐ Interne Wärmequellen (Anzahl der Personen im Raum, elektrische Geräte) ☐ Externe Wärmequelle (Sonneneinstrahlung, zu erwartende maximale Außentemperatur) ☐ Vorhandene Außenluftqualität ist abhängig von der Lage (z. B. direkt an einer Autobahn oder Bahntrasse, am Waldrand etc.)[2)] ☐ Erforderliche Innenraumluftqualität in Abhängigkeit der Nutzung

[1)] Wann ein Bauantrag benötigt wird, ist in den jeweiligen Landesbauordnungen geregelt.
[2)] Informationen können bei den entsprechenden Umweltämtern eingeholt werden.

Literaturverzeichnis

Nationale Gesetze und Verordnungen und dazugehörige Technische Regeln

Bezugsquelle:
z. B. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Homepage www.baua.de

- Arbeitsstättenverordnung, mit dazugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR), insbesondere
  - ASR A3.5 „Raumtemperatur“ (März 2022)
  - ASR A3.6 „Lüftung“ (Mai 2018)

Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:
Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. unter www.dguv.de/publikationen

DGUV Regeln

- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ (Webcode: p109002)

DGUV Informationen

- DGUV Information 215-210 „Beurteilung des Raumklimas – Handlungshilfe für kleine und mittlere Unternehmen“ (Webcode: p215210)
- DGUV Information 215-444 „Sonnenschutz im Büro – Hilfen für die Auswahl von geeigneten Blend- und Wärmeschutzvorrichtungen an Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen“ (Webcode: p215444)
- DGUV Information 215-520 „Klima im Büro – Antworten auf die häufigsten Fragen“ (Webcode: p215520)
- DGUV Information 215-540 „Klima in Industriehallen – Antworten auf die häufigsten Fragen“ (Webcode: p215540)

Weitere Schriften und Handlungshilfen der DGUV und der Unfallversicherungsträger:

- Das Messsystem Gefährdungsermittlung der UV-Träger (MGU) Das Messsystem Gefährdungsermittlung der UV-Träger (MGU) (dguv.de)
- DGUV-App, „CO_2-Rechner,“ Unfallkasse Hessen u nd Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) www.dguv.de/ifa/praxishilfen/innenraumarbeitsplaetze/raumluftqualitaet/co2-app/index.jsp.
- „BGN-Lüftungsrechner der Berufsgenossenschaft für Nahrungsmittel und Gastgewerbe.,“ [Online]. Available: www.bgn.de/lueftungsrechner/.
- Fachbereich AKTUELL: FBVW-501 „Niedrige Luftfeuchte am Arbeitsplatz“ | DGUV Publikationen
- Praxixhilfen „Innenraumarbeitsplätze“, IFA, Online: IFA – Praxishilfen: Innenraumarbeitsplätze (dguv.de)

Normen und Richtlinien

Bezugsquelle:
DIN Media GmbH

- DIN EN 16798-1:2022-03, Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 1 Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik – Modul M1-6
- DIN EN ISO 16000er Reihe „Innenraumluftverunreinigungen“
- DIN/TS 67506:2022-02 „Entkeimung von Raumluft mit UV-Strahlung – UV-C Sekundärluftgeräte“

Bezugsquelle:
VDI-Verlag, VDI Platz 1, 40468 Düsseldorf

- VDI 2078, Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation), VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik, 2015-06.
- VDI 2262 Blatt 1 bis 4, Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde StoffeVDI 3804, Raumlufttechnik – Bürogebäude (VDI-Lüftungsregeln), VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik, 2009-03.

- VDI 3803 Blatt 1, Raumlufttechnik – Bauliche und technische Anforderungen – Zentrale RLT-Anlagen (VDI-Lüftungsregeln), VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik, 2020-05.
- VDI 3803 Blatt 2, Raumlufttechnik – Bauliche und technische Anforderungen – Dezentrale RLT-Geräte (VDI-Lüftungsregeln), VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik, 2019-06.
- VDI 6022 Raumlufttechnik, Raumluftqualität – Hygieneanforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln)
- VDI 6040 Raumlufttechnik – Schulen (VDI-Lüftungsregeln)
- VDI 4300 Reihe, Messen von Innenraumluftverunreinigungen, VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik

Weitere Quellen

- Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) ansässig beim Umweltbundesamt: Ausschuss für Innenraumrichtwerte | Umweltbundesamt
- Umweltbundesamt: www.uba.de
- Bundesinstitut für Risikobewertung: www.bfr.bund.de
- Bundesamt für Strahlenschutz: www.bfs.de
- Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute www.agoef.de
- Deutsches Institut für Bautechnik: www.dibt.de

Quellen mit Textbezug

- [1] Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: „Luftverunreinigungen in Innenräumen – Sondergutachten“, W. Kohlhammer GmbH Stuttgart und Mainz, Mai 1987; abrufbar unter: Sachverständigenrat für Umweltfragen – Publikationen – Luftverunreinigungen in Innenräumen (umweltrat.de)
- [2] Treibhausgas-Emissionen in Deutschland | Umweltbundesamt
- [3] Umweltbundesamt: Atmosphärische Treibhausgas-Konzentrationen | Umweltbundesamt Stand 23.05.2022
- [4] Bundesamt für Strahlenschutz: BfS – Wie ist Radon in Deutschland geographisch verteilt? – Radon-Vorsorgegebiete in Deutschland
- [5] S. Bauer, K. Bux, F. Dieterich, K. Gabriel, C. Kienast, S. Klar, T. Alexander: „Klimawandel und Arbeitsschutz“, 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2022.
- [6] Hebisch, R.; Kuhlbusch, T.; Bux, K.; Breuer, D.; Lahrz, T.: Gefahrstoffe am Arbeitsplatz – Arbeitsplatzgrenzwert, Immissionsgrenzwert oder Innenraumrichtwert? In: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 79 Nr. 7/8 (2019)
- [7] K. Bux und N. von Hahn, „Trockene Luft“ – Literaturstudie zu den Auswirkungen auf die Gesundheit,“ BAuA: Bericht, Dortmunf/Berlin/Dresden, 2020
- [8] Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB): Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten | Umweltbundesamt zuletzt aufgerufen am 27.11.2023
- [9] Rietschel; Rietschel „Raumklimatechnik – Band 1: Grundlagen“, 16. Auflage, ISBN: 978-3-540-54466-1, Springer, VDI-Buch
- [10] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG),“ Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728). Zuletzt geändert am 16.10.2023 GEG.pdf (gesetze-im-internet.de)
- [11] „Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen,“: https://www.dgnb.de/de/themen/nachhaltiges-bauen
- [12] „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen,“: https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de
- [13] P. Ostermann, D. Derwein, M. Kremer, K. Rewitz und D. Müller, „Wirksamkeit der einseitigen Fensterlüftung in Klassenräumen – Stoßlüftung,“ RWTH-EBC 2022-002, Aachen, DOI: 10.18154/RWTH-2022-01310, 2022

Notizen

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de