

215-540

DGUV Information 215-540



Klima in Industriehallen

Antworten auf die häufigsten Fragen

kommmitmensch ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter www.kommmitmensch.de

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 Innenraumklima des Fachbereichs Verwaltung der DGUV

Ausgabe: April 2021

DGUV Information 215-540
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen Webcode: p215540

Bildnachweis

Titelbild: © Volker Ohlig, BGHM (Kurt Kerren Kunststofftechnik, Viersen)
Abb. 1: © DGUV, nach Vorlage von C. Schumacher, IFA DGUV
Abb. 2, 3, 15–17, 19–24, Tabelle 3, 4: © DGUV, nach Vorlage von BGHM, Volker Ohlig
Abb. 4, 10–13, 18: © BGHM, Woyzella
Abb. 5, 6-9, 14: © VBG Office Team

Klima in Industriehallen

Antworten auf die häufigsten Fragen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorbemerkung	5
 1 Fragen zur thermischen Behaglichkeit	6
 2 Fragen zur Lufttemperatur	8
 3 Fragen zur Luftfeuchte	16
 4 Fragen zur Luftgeschwindigkeit	21
 5 Fragen zur Lüftung	22
 6 Fragen zur Luftqualität	29
 7 Frage zu psychischen Faktoren	33
8 Wer hilft weiter?	33
Anhang 1	34
Anhang 2	42
Literaturverzeichnis	46
1 Gesetze, Verordnungen	46
2 Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit	46
3 VDI-Richtlinien	46
4 Reports, Studien, Bekanntmachungen	46

Vorbemerkung

Einige Millionen Beschäftigte arbeiten in Deutschland in Industriehallen. Ihre Leistungsfähigkeit und ihr Wohlbefinden hängen unter anderem von einem gesundheitlich zuträglichem Klima und einer guten Luftqualität ab. Da mit einer geringeren Anzahl von Krankheitstagen auch ein volks- und betriebswirtschaftlicher Nutzen einhergeht, ist diese Thematik für Unternehmen von großer Bedeutung.

Davon zeugen häufig an die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung gerichtete Fragen aus der Industrie z. B. zur richtigen Raumtemperatur, zur Rolle von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen, zur Häufigkeit und Effektivität der Lüftung, zur Beseitigung von Gerüchen, zu Stoff- und Wärmelasten, zum Einfluss des Klimas auf die Gesundheit und Zufriedenheit der Beschäftigten und dergleichen. Außerdem werden Fragen auf Grund von Beschwerden wegen Zugluft, trockener Luft, zu hohen Lufttemperaturen und zu starker Sonneneinstrahlung sowie stickiger Luft oder unangenehmer Gerüche gestellt.

In Industriehallen können ähnliche Probleme mit dem Klima und der Luftqualität auftreten wie in Büroräumen, die Ursachen unterscheiden sich jedoch häufig. In Büroräumen sind, neben Bürogeräten und der Heizung, hauptsächlich die anwesenden Personen die bestimmende Größe für den Wärmeeintrag und die Veränderung der Luftqualität, insbesondere durch den Anstieg des Kohlendioxid(CO₂)-Gehalts, während in Industriehallen meist Maschinen und Prozesse die bestimmenden Größen für den Wärmeeintrag sind und die Luftqualität beeinflussen. In beiden Fällen kann durch intensive Sonneneinstrahlung oder durch Mängel in der Gebäudedämmung das Innenraumklima maßgeblich beeinflusst werden.

Diese DGUV Information legt den Fokus vorrangig auf die Erreichung der Schutzziele der Arbeitsstättenverordnung und ihrer dazugehörigen Technischen Regeln (ASR). Sie gibt z. B. keine Antworten auf Fragen, bei denen es vorrangig um die Erfüllung der Forderungen der Gefahrstoffverordnung, der Biostoffverordnung oder um verfahrenstechnische Prozesse geht. So werden auch keine spezifischen Empfehlungen für Arbeitsräume gegeben, an die aus betriebstechnischen sowie hygienischen Gründen besondere Anforderungen an das Raumklima gestellt werden, z. B. Kühlräume in der Getränke- und Nahrungsmittel-Herstellung, Arbeitsplätze an Backöfen in Bäckereien, Gießereiarbeitsplätze in der Metallindustrie, direkte Arbeitsplätze an Hochöfen der Stahlindustrie, Hitzearbeitsplätze bei Warmwalzwerken, Reinräumen etc.. Bei solchen Arbeitsplätzen lassen sich die prozesstechnisch erforderlichen Bedingungen nicht mit den allgemeingültigen Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung in Einklang bringen. Hier sind in den Gefährdungsbeurteilungen an diese Arbeitsplätze angepasste Maßnahmen notwendig.

In Einzelfällen wird immer noch der Rat von geeigneten Ansprechpersonen oder Fachleuten einzuholen sein.

1 Fragen zur thermischen Behaglichkeit



Frage 1: Was beeinflusst das Raumklima und das Klimaempfinden?



Abb. 1 Raumklima und Klimaempfinden – Einflussgrößen

Das Raumklima wird durch den Gebäudeaufbau, die Gebäudetechnik wie auch vom äußeren Klima beeinflusst. Das persönliche Klimaempfinden hängt sowohl vom vorherrschenden Raumklima, von technischen Einflussgrößen sowie von individuellen Faktoren der Personen wie

von der körperlichen Aktivität, der Bekleidung und der Aufenthaltsdauer im Raum ab. Es unterliegt auch tages- und jahreszeitlichen Schwankungen sowie dem persönlichen Befinden.



Frage 2:
Was ist überhaupt thermische Behaglichkeit?

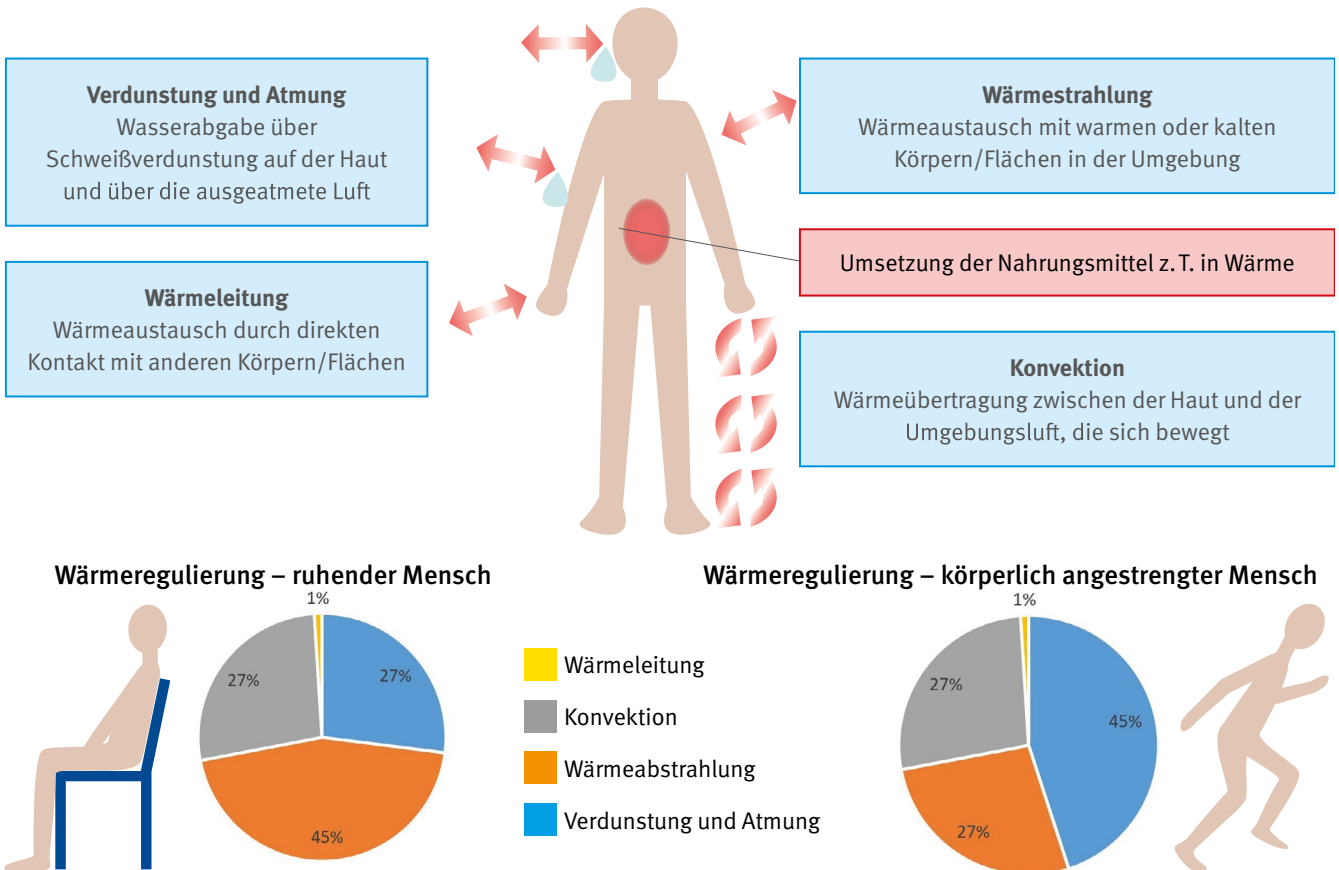


Abb. 2 Mechanismen zur Wärmeregulation des menschlichen Körpers (%-Angaben beispielhaft, je nach Anstrengung)

Menschen verarbeiten die aufgenommenen Nährstoffe und setzen einen großen Teil davon in Bewegungsenergie (z. B. körperliche Arbeit, Sport) und Wärme um. Dabei steht jeder menschliche Körper im ständigen Wärme- und Stoffaustausch mit seiner Umgebung. Die Abbildung 2 verdeutlicht, welche Regulationsmöglichkeiten der menschliche Körper hat, um mit seiner Umgebung Wärme auszutauschen.

Beim ruhenden Menschen in einem Raum mit einer Temperatur von 20 °C spielt die Wärmestrahlung für die Wärmeabgabe eine große Rolle. Beim Menschen mit starker körperlicher Anstrengung hingegen spielt die Verdunstungskälte (Schweißverdunstung auf der Haut, Ausatmen feuchter Luft) eine größere Rolle.

Das Ziel von Heiz- und Kühlsystemen ist die Schaffung eines behaglichen Raumklimas. Dabei spielen die unterschiedlichen Heiz- und Kühlverfahren hinsichtlich ihrer verschiedenen Wärmeübertragungsformen auch unterschiedlich große Rollen. Ideal ist es, wenn die Heizung / Kühlung vom Menschen thermisch nicht wahrgenommen wird. Der Energieaustausch des menschlichen Körpers mit seiner Umgebung ist dann im Gleichgewicht und man spricht von thermischer Behaglichkeit. Wann dieser Zustand erreicht wird, hängt vom Klimaempfinden der Personen, von der Raumnutzung und auch von der jeweiligen Tätigkeit in diesem Raum ab. Wenn neben der angemessenen Temperatur auch die anderen Klimaparameter (Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte und Wärmestrahlung) mit dem menschlichen Körper in seiner Umgebung nicht als störend wahrgenommen werden, stehen sie miteinander im Gleichgewicht und der Zustand der thermischen Behaglichkeit ist erreicht.

2 Fragen zur Lufttemperatur



Frage 3: Welche Anforderungen an die Raumtemperaturen gibt es?

Die Anforderungen an die Raumtemperatur sind in der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.5 „Raumtemperatur“ beschrieben. Die Mindestlufttemperatur an Arbeitsplätzen hängt von der Körperhaltung und der Arbeitsschwere der Beschäftigten ab:

Tabelle 1 Nach ASR A3.5 mindestens geforderte Raumtemperaturen je nach Arbeitsschwere
(Quelle: Volker Ohlig, BGHM)

Überwiegende Körperhaltung	Arbeitsschwere		
	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

Die Lufttemperatur soll im Innenraum +26 °C nicht überschreiten, wenn die Außentemperaturen nicht über +26 °C liegen. Bei Außentemperaturen über +26 °C darf die Lufttemperatur in Arbeitsräumen unter bestimmten Randbedingungen höher sein (siehe Frage 7).

Die genannten Mindestlufttemperaturen sind in jedem Arbeitsraum sicherzustellen.

Dabei sollen die für die Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit empfohlenen Werte eingehalten werden (siehe Fragen 15 und 16).

Bei Räumen, die mit einer Klimaanlage ausgestattet sind, wird empfohlen, an heißen Tagen im Sommer üblicherweise eine Temperaturdifferenz von ca. 6–8 °C zwischen Außentemperatur und Raumtemperatur einzustellen – sonst droht beim Gang ins Freie die Gefahr eines „Hitzeshocks“ und Erkältungskrankheiten können entstehen.

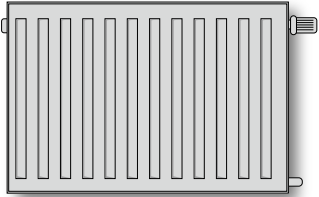
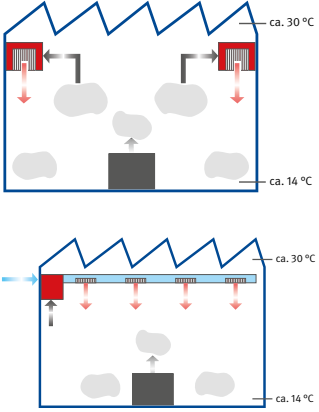
Für Arbeitsräume, an die aus betriebstechnischen sowie hygienischen Gründen besondere Anforderungen an das Raumklima gestellt werden, werden in der DGUV Information 213-002 „Hitzearbeit erkennen – beurteilen – schützen“ sowie in dem Klima-Dossier der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (www.baua.de) Arbeitshilfen und Schutzmaßnahmen genannt. Solche Arbeitsräume können z.B. Kühlräume in der Getränke- und Nahrungsmittel-Herstellung, Arbeitsplätze an Backöfen von Bäckereien, Gießereiarbeitsplätze in der Metallindustrie, direkte Arbeitsplätze an Hochöfen der Stahlindustrie oder Hitze-arbeitsplätze bei Warmwalzwerken sein.

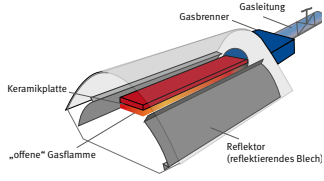
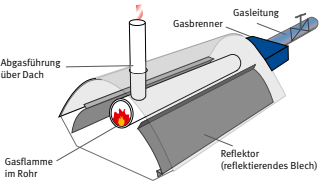



Frage 4: Wie lassen sich Industriehallen beheizen oder kühlen?

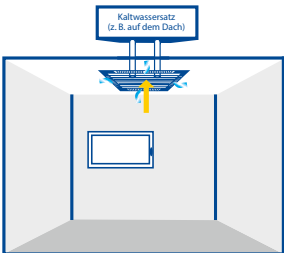
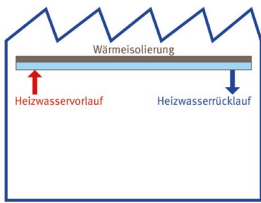
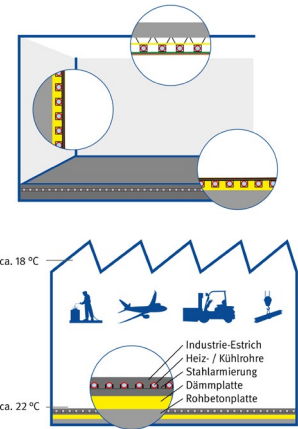
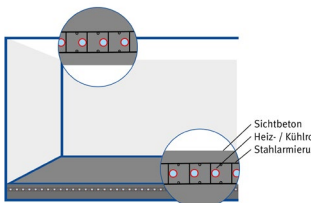
Verschiedene Heiz- und Kühlsysteme sind in Industriehallen möglich. Eine erste Übersicht über verschiedene Heiz- und Kühlsysteme zeigt folgende Tabelle 2. Im Anhang 1 werden die einzelnen Heiz- und Kühlsysteme zusätzlich in ihrer Funktion mit ihren Vor- und Nachteilen beschrieben.

Tabelle 2 Übersicht über Heiz- und Kühlsysteme und ihre Eigenschaften (Quelle: Volker Ohlig, BGHM)

Lfd. Bez.	Heizungssystem	Wirkungsprinzip/ Wärmeträger	Charakteristische Eigenschaften
A	Radiatoren/Heizkörper 	Über Heizkörperoberfläche wird die Temperatur des Heizwassers an die Luft im Raum abgegeben, überwiegend Konvektion, geringer Anteil Wärmestrahlung	Energetisch: je größer die Heizkörperfläche, um so günstiger Temperaturprofil: am Boden leicht kühler (z. B. 19 °C) als unter der Decke (z. B. 22 °C) Behaglichkeit: gut, wenn an Außenwand unter Fenster montiert Reaktionszeit: je größer das Raumvolumen, umso länger Investitionskosten: mittel Betriebskosten: mittel <i>HINWEIS: idealerweise Heizkörper direkt unterhalb von Fenstern installieren, um Wärmeverlust durch Fenster direkt auszugleichen</i>
B	Warmluftheizung 	Durch heißes Wasser, Dampf oder direkt befeuert wird eine Wärmeübertragerfläche aufgeheizt, die auf der anderen Seite durch strömende Luft wieder abgekühlt wird; so wird die aufgewärmte Luft in den Raum eingeblasen, Wärmeträger ist Luft	Energetisch: ungünstig Temperaturprofil: am Boden deutlich kühler (z. B. 14 °C) als unter der Decke (z. B. 32 °C) Behaglichkeit: gering, durch lokale Wirkung und hohe Luftbewegung Reaktionszeit: relativ schnell, aber je größer das Raumvolumen, umso länger Investitionskosten: gering Betriebskosten: hoch <i>HINWEIS: bei einigen Systemen auch Außenluftanteil möglich, Staub und luftfremde Stoffe werden ständig in der Raumluft in der Schwebe gehalten, arbeiten meist im Umluftbetrieb, Zugluftgefahr</i>

Lfd. Bez.	Heizungssystem	Wirkungsprinzip/ Wärmeträger	Charakteristische Eigenschaften
C	<p>Hellstrahler</p> 	<p>Direkt befeuerte Wärmeübertragerfläche strahlt Wärme nach unten ab, Oberflächentemperatur ca. 900 °C</p>	<p>Energetisch: günstig Temperaturprofil: am Boden wärmer (z. B. 20 °C) als unter der Decke (z. B. 16 °C) Behaglichkeit: gut, wenn Verteilung und Abstand gut Reaktionszeit: schnell Investitionskosten: gering Betriebskosten: mittel <i>HINWEIS: auch lokale Arbeitsplätze in sonst kühler Umgebung lassen sich gezielt beheizen, Verbrennungsabgase gelangen in die Raumluft, weshalb 10 m³/h Außenluft je installierte kW Nennwärme gefordert wird</i></p>
D	<p>Dunkelstrahler</p> 	<p>Direkt befeuerte Wärmeübertragerfläche strahlt Wärme nach unten ab, Oberflächentemperatur ca. 250 bis 450 °C</p>	<p>Energetisch: günstig Temperaturprofil: am Boden wärmer (z. B. 20 °C) als unter der Decke (z. B. 16 °C) Behaglichkeit: gut, wenn Verteilung und Abstand gut Reaktionszeit: schnell Investitionskosten: mittel Betriebskosten: mittel <i>HINWEIS: auch lokale Arbeitsplätze in sonst kühler Umgebung lassen sich gezielt beheizen, geschlossene Brennkammern mit Abgasabführung; Jährliche Messpflicht der Abgaswerte (Zugänglichkeit entweder unter dem Dach oder auf dem Dach ist sicher zu stellen)</i></p>

Lfd. Bez.	Heiz- und Kühlsystem	Wirkungsprinzip/ Wärmeträger	Charakteristische Eigenschaften
E	<p>Klimaanlage (zentral)</p> 	<p>Durch Verlegung von Luftkanälen im gesamten Gebäude von und zur Klimazentrale mit Heiz- und Kühlregister wird die Luft aufgewärmt oder gekühlt und über Ventilatoren und Luftauslässe verteilt, Luft ist Wärmeträger</p>	<p>Energetisch: aufwendig, ungünstig Temperaturprofil: durch ständige Luftbewegung gleichmäßig Behaglichkeit: gut, wenn Regelung, Luftverteilung und Abstand gut, sonst Zugluftgefahr Reaktionszeit: schnell Investitionskosten: hoch Betriebskosten: hoch (Energie, Wartung, Instandhaltung) <i>HINWEIS: Luftfeuchte kann zusätzlich reguliert werden, Außenluftanteil regelbar (z. B. über CO₂-Wert); da Luft kein guter Wärmeträger ist, sind große Luftkanäle für Wärmetransport notwendig</i></p>

Lfd. Bez.	Heiz- und Kühlsystem	Wirkungsprinzip/ Wärmeträger	Charakteristische Eigenschaften
F	Klimageräte (dezentral, Splitgeräte in Zwischendecke oder an der Wand im Raum) 	Im Außenbereich sind Kaltwassersätze instal- liert, von da aus führen Kaltwasserleitungen in die einzelnen Räume zu den Splitgeräten als Luft-Wärmeübertrager im Raum	Energetisch: aufwendig, ungünstig Temperaturprofil: durch ständige Luftbewegung gleichmäßig möglich nur mit mehreren Splitgeräten im Raum Behaglichkeit: gut, wenn Regelung, Luftverteilung und Ab- stand gut, sonst Zugluftgefahr Reaktionszeit: schnell Investitionskosten: hoch (niedriger als zentrale Klimaanlage) Betriebskosten: hoch (Energie, Wartung, Instandhaltung) <i>HINWEIS: Bei jedem Splitgerät im Raum fällt durch die Luft- kühlung Kondensat an, das aufzufangen oder abzuleiten ist</i>
G	Deckenstrahlplatten 	Mit Wasser durchflos- sene Wärmeübertra- gerflächen, strahlen Wärme nach unten ab. Oberflächentem- peratur zwischen 40 und 95 °C möglich, im Kühlbetrieb ca. 18 °C, Wasser als Wärme- träger	Energetisch: günstig Temperaturprofil: gut, am Boden leicht kühler (z. B. 19 °C) als unter der Decke (z. B. 22 °C), in niedrigen und hohen Hallen gut Behaglichkeit: sehr gut, wenn Verteilung und Abstand gut Reaktionszeit: schnell Investitionskosten: mittel Betriebskosten: mittel <i>HINWEIS: Regelmäßige Reinigung der Deckenstrahlplatten von abgelagertem Staub sinnvoll; Deckenstrahlplatten verur- sachen selbst keinen Staub!</i>
H	Flächenheizung und -kühlung 	Wasserführende Rohre liegen im Estrich oder Putz oder in Trocken- bausystemen; Nutzung von raumumschließen- den Flächen (Boden, Wand, Decke) zum Heizen mit relativ nied- rigen Vorlauftempera- turen (z. B. 30 °C) und Kühlen mit relativ ho- hen Vorlauftemperatu- ren (z. B. 16 °C), Was- ser als Wärmeträger	Energetisch: günstig Temperaturprofil: gut, bei Fußbodenheizung am Boden leicht wärmer (z. B. 22 °C) als unter der Decke (z. B. 19 °C), in niedri- gen und hohen Hallen gut Behaglichkeit: sehr gut Reaktionszeit: träge (insbesondere bei Nasssystemen) Investitionskosten: mittel Betriebskosten: niedrig <i>HINWEIS: Fußbodenheizung kommt Idealheizung am nächs- ten, max. Kühlleistung ca. 40 W/m², auch bei Sanierungen möglich</i>
I	Betonkernaktivierung 	Wasserführende Roh- re sind in Betonmasse eingegossen, Nutzung von raumumschließen- den Flächen und der Betonmasse als Sicht- beton zum Heizen und Kühlen, Wasser als Wärmeträger	Energetisch: günstig Temperaturprofil: gut, wie bei Flächenheizung und -kühlung Behaglichkeit: gut Reaktionszeit: sehr träge (wegen Betonmasse) Investitionskosten: hoch Betriebskosten: niedrig <i>HINWEIS: Nur bei Neubauplanung möglich</i>



Frage 5:
Mit welchen Wärmelasten aus Produktionsprozessen kann man überschlägig rechnen, um den Wärmebedarf oder auch eine Kühllast zu ermitteln?

Dies hängt sehr stark auch von der Maschinendichte und von den unterschiedlichen Prozessen in Produktionshallen ab. Aber als erste Orientierungshilfe gibt es eine grobe Aussage über Erfahrungswerte in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2262 Blatt 3, die nur eine sehr grobe Abschätzung über die dort genannten Wärmelasten bezogen auf die Hallengrundfläche ermöglicht:

Tabelle 3 Grobe Erfahrungswerte für Wärmelasten verschiedener Branchen (Quelle: Volker Ohlig, BGHM, in Anlehnung an Richtlinie VDI 2262 Blatt 3 Ausgabe Juni 2011)

Branche	Grobe Abschätzung der möglichen Wärmelast [W/m ²]
Druckereien	ca. 170
PU-Schaumverarbeitung	ca. 120
Kunststoff-Spritzgießen	ca. 100
Montagehallen	ca. 25 bis 45
Kaltverformen von Blechen (z. B. Tiefziehen)	ca. 100 bis 200
Metall-Warmverformen (z. B. Schmieden)	ca. 150 bis 300
mechanische Fertigung (Zerspanung)	ca. 50 bis 250
Metall-Gießereien	
Sandaufbereitung	ca. 50 bis 100
Kernherstellung Coldbox	ca. 50 bis 80
Kernherstellung Hotbox	ca. 100 bis 150
Metall-Formguss	ca. 300 bis 400
Metall-Druckguss	ca. 200 bis 300
Metall-Kokillenguss	ca. 200 bis 300
Putzerei	ca. 100

Die teilweise sehr starke Bandbreite in den einzelnen Bereichen macht deutlich, wie sehr die tatsächliche Wärmelast von der Maschinendichte und dem Fertigungsprozess im Einzelnen abhängt. So sollte in jedem Einzelfall von einer Fachfirma zunächst die tatsächliche Wärmelast ermittelt werden, die innerhalb einer Industriehalle i. d. R. nicht gleichmäßig auf der Fläche ansteht, sondern in einer Rasterung sehr ungleich auftreten kann, bevor eine Heizung und Kühlung für die Halle ausgelegt werden kann. In einer einzigen Halle befinden sich oft verschiedene Bereiche mit unterschiedlichen Wärmelasten. Für das Heizen und Kühlen ist dann eine räumliche Abtrennung dieser einzelnen Bereiche innerhalb der Halle hilfreich.



Frage 6:
Die Beschäftigten klagen über Kälte, obwohl die Lufttemperatur in der Halle stimmt. Woran kann das liegen?

Das Behaglichkeitsempfinden hängt neben der Lufttemperatur auch von der Luftfeuchte, der Luftgeschwindigkeit (Luftbewegung) und der Wärmestrahlung, z. B. durch die Temperatur der raumumschließenden Flächen und der Sonneneinstrahlung, ab. Die empfundene Temperatur kann von der gemessenen abweichen, zum Beispiel wirken bei hoher Luftfeuchte höhere Lufttemperaturen unangenehmer als bei niedriger Luftfeuchte. Bei höheren Lufttemperaturen werden erhöhte Luftgeschwindigkeiten sogar als angenehm empfunden.

Beschäftigte empfinden den Aufenthalt in Räumen umso unbehaglicher, je kälter die umgebenden Wände, Fensterflächen, Decken oder Fußböden (= raumumschließende Flächen) sind, da ihrem Körper durch Wärmestrahlung Wärme entzogen wird. Der Effekt tritt vor allem im Winter z. B. an großen Glasflächen oder schlecht gedämmten Wänden oder Decken auf. Eine Erhöhung der Lufttemperatur allein kann daran nicht wesentlich etwas ändern. Ein Raum wird dann als behaglich empfunden, wenn zusätzlich folgende Temperaturdifferenzen nicht überschritten werden:

- Raumlufttemperatur zwischen Kopf und Fuß max. 3 °C
- Wandoberflächentemperatur zur Raumlufttemperatur max. 4 °C
- verschiedene Oberflächentemperaturen der raumumschließenden Flächen (z. B. Boden, Decke, Wand) max. 5 °C (bei Überschreitung spricht man von „Strahlungsasymmetrie“); Strahlungsasymmetrie wird von den Beschäftigten ähnlich unbehaglich wie Zugluft empfunden, auch wenn kaum Luftbewegung stattfindet!

Zugluft, insbesondere im Bodenbereich, kann zusätzlich zu kalten Füßen führen („Knöchelziehen“).

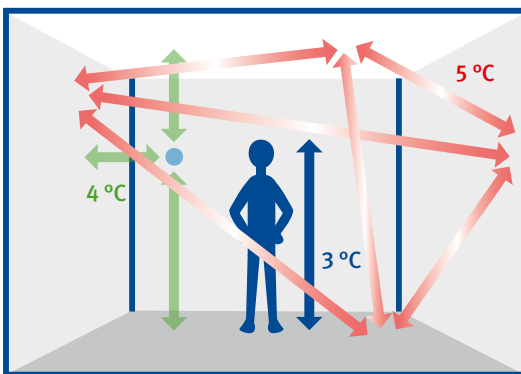


Abb. 3 Veranschaulichung der Grenzen der Behaglichkeit anhand von Temperaturdifferenzen



Frage 7:
Darf im Sommer die Temperatur an Arbeitsplätzen in einer Industriehalle über +26 °C ansteigen?

Ja, aber nur, wenn an heißen Sommertagen auch die Außenlufttemperatur +26 °C überschreitet und unter der Voraussetzung, dass geeignete Sonnenschutzmaßnahmen ergriffen werden! Nach Möglichkeit sollte auch im Sommer die Lufttemperatur in Industriehallen +26 °C nicht überschreiten. Grundlage hierfür ist eine entsprechende bauliche Gestaltung des Gebäudes (siehe auch Frage 10). Außerdem sollten innere Wärmelasten (siehe Frage 5), z. B. durch Maschinen und Prozesse, die Beleuchtung, Computer, Drucker, Kopierer, usw. geringgehalten werden. Trotzdem kann an heißen Sommertagen, vor allem in Hitzeperioden mit Außentemperaturen über +26 °C, nicht ausgeschlossen werden, dass in Industriehallen zeitweise auch Lufttemperaturen von über +26 °C auftreten. Der Aufwand, lediglich für diesen Zeitraum Kühlanlagen in den Hallen vorzusehen, ist hoch und nur in wenigen Fällen zu rechtfertigen (siehe auch Frage 10).

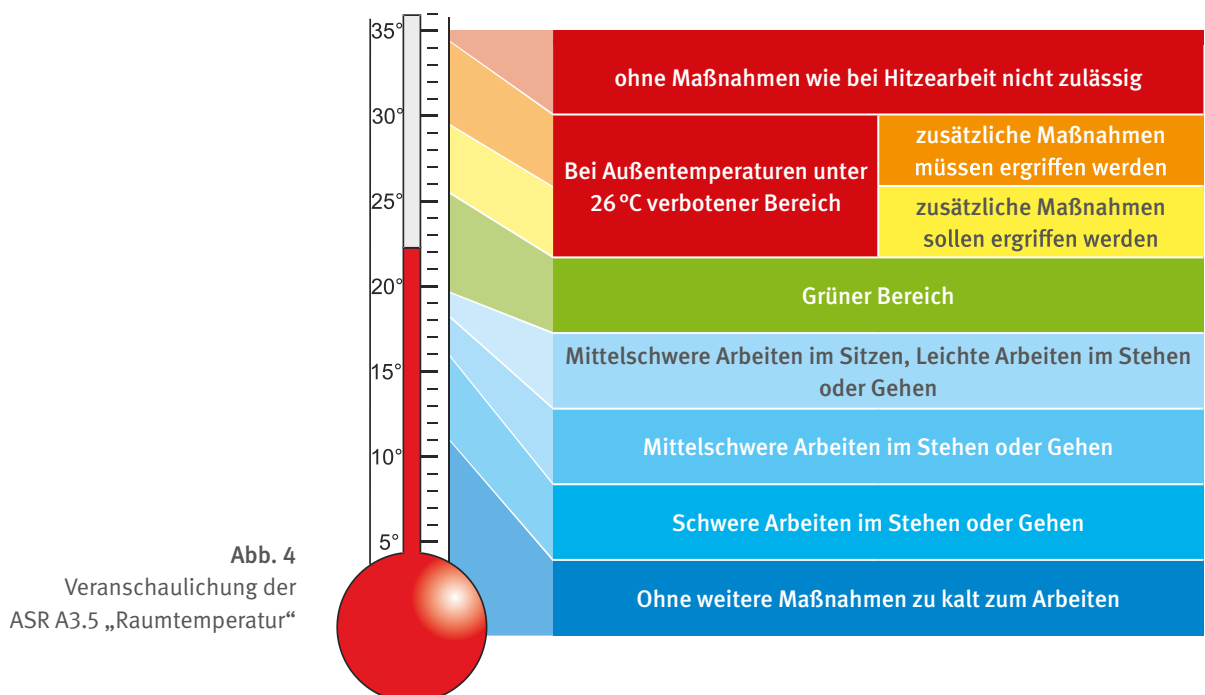


Abb. 4 Veranschaulichung der ASR A3.5 „Raumtemperatur“

Aus diesem Grunde darf während dieser sommerlichen Hitzephasen die Lufttemperatur von +26 °C in Hallen überschritten werden. Näheres wird in der ASR A3.5 „Raumtemperatur“ geregelt und in Abb. 4 veranschaulicht. Darin heißt es:

„Wenn die Außenlufttemperatur über +26 °C beträgt und unter der Voraussetzung, dass geeignete Sonnenschutzmaßnahmen [...] verwendet werden, sollen beim Überschreiten einer Lufttemperatur im Raum von +26 °C zusätzliche Maßnahmen [...] ergriffen werden. [...]

Bei Überschreitung einer Lufttemperatur von +30 °C müssen wirksame Maßnahmen gemäß Gefährdungsbeurteilung [...] ergriffen werden, welche die Beanspruchung der Beschäftigten reduzieren. Dabei gehen technische und organisatorische Maßnahmen gegenüber personenbezogenen Maßnahmen vor. [...]

Wird die Lufttemperatur im Raum von +35 °C überschritten, so ist der Raum für die Zeit der Überschreitung [...] nicht als Arbeitsraum geeignet.“

Dann sind die Arbeitsplätze auch temporär wie Hitze-arbeitsplätze zu bewerten (siehe DGUV Information 213-002 „Hitzearbeit erkennen – beurteilen – schützen“) und entsprechende Maßnahmen müssen umgesetzt werden.

Jahreszeitlich bedingte hohe Außenlufttemperaturen erfordern am Arbeitsplatz Maßnahmen entsprechend der Maßnahmenhierarchie, die nach Arbeitsschutzgesetz getroffen werden. Sie lösen grundsätzlich nicht das Erfordernis einer Pflichtvorsorge aus. Bei Tätigkeiten mit allein jahreszeitlich bedingt hoher äußerer Wärmebelastung wie beispielsweise an Büroarbeitsplätzen und Tätigkeiten mit kurzfristig (im Minutenbereich) hoher Wärmebelastung wie beispielsweise bei einem Saunaaufguss, Kontrollgängen, Probenahmen liegt keine extreme Hitzebelastung im Sinne der AMR 13.1 vor.

Basismaßnahmen bei erhöhter Raumtemperatur können sein:

- Effektive Steuerung des Sonnenschutzes (z. B. Jalousien nach Sonnenstand regeln und nach der Arbeitszeit geschlossen halten)

- Fenster und Jalousien geschlossen halten, sobald es außen wärmer ist als innen
- Effektive Steuerung der Lüftungseinrichtung (z. B. verstärkte Nachtlüftung)
- Reduzierung der inneren thermischen Lasten (z. B. Abwärme von Serverräumen oder Schaltschränken nicht als warme Luft in die Halle, sondern ins Freie abführen)
- Prozesswärme an der Entstehungsstelle gezielt erfassen und abführen
- Lüftung in den frühen Morgenstunden – danach möglichst geschlossen halten
- Nutzung von Gleitzeitregelungen zur Arbeitszeitverlagerung, ggf. Überdenken der Schichtpläne
- Lockerung der Bekleidungsregeln, sofern nicht spezielle Arbeits- oder Schutzkleidung notwendig ist
- Festlegung zusätzlicher Entwärmungsphasen

Während für diese Basismaßnahmen die jeweils geeigneten ausgewählt werden können, besteht für die Bereitstellung von Getränken eine Verpflichtung. Gemäß ASR A3.5 sollen bei Lufttemperaturen von mehr als +26 °C, bei mehr als +30 °C müssen, geeignete Getränke (z. B. Trinkwasser im Sinne der Trinkwasserverordnung) bereitgestellt werden.

Maßnahmen zur Kühlung, die den Wassergehalt in der Luft (absolute Luftfeuchte) erhöhen, sind nicht zulässig (direkte Kühlung durch Wasserverdunstung im Raum = adiabate Kühlung, siehe Frage 14).



Frage 8: Wie wird die Lufttemperatur korrekt gemessen?

Die Lufttemperatur wird mit einem strahlungsgeschützten Thermometer in Grad Celsius gemessen, dessen Messgenauigkeit +/- 0,5 °C betragen soll.

Die Messung erfolgt stündlich für sitzende Tätigkeit in einer Höhe von 0,6 m und bei stehender Tätigkeit in einer Höhe von 1,1 m über dem Fußboden am jeweiligen Arbeitsplatz.

Die Außenlufttemperatur wird stündlich während der Arbeitszeit ohne Einwirkung direkter Sonneneinstrahlung gemessen. Die Außenlufttemperatur sollte etwa 4 m von der Gebäudewand entfernt und in einer Höhe von 2 m gemessen werden.



Frage 9: Gibt es Einschränkungen beim Überschreiten einer Lufttemperatur im Raum von +26 °C?

Ja, insbesondere gesundheitlich Vorbelastete (z. B. Menschen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen) und besonders schutzbedürftige Beschäftigte (z. B. Jugendliche, Ältere, Schwangere, stillende Mütter) können bei Lufttemperaturen im Raum von über +26 °C gesundheitliche Beschwerden erleiden.

In diesen besonderen Fällen ist über weitere Maßnahmen anhand einer an die schutzbedürftige Person angepassten Gefährdungsbeurteilung zu entscheiden.



Frage 10: Welche baulichen Voraussetzungen müssen Industriehallen erfüllen, um angenehme Temperaturen im Sommer sicherzustellen?

Führt die Sonneneinstrahlung durch Fenster, Oberlichter oder Glaswände zu einer Erhöhung der Raumtemperatur über +26 °C, so sind diese Bauteile mit geeigneten Sonnenschutzvorrichtungen auszurüsten. Diese Forderung gilt generell, d. h. auch bei Außenlufttemperaturen unterhalb von +26 °C. Am besten ist außenliegender Sonnenschutz geeignet, weil er verhindert, dass sich die Sonneneinstrahlung direkt in der Halle in Wärme umwandelt. Es gibt auch außenliegenden Sonnenschutz, der unabhängig von der Windgeschwindigkeit außen wirksam bleibt.

Bereits bei der Planung und beim Einrichten eines Gebäudes ist darauf zu achten, dass die baulichen Voraussetzungen gegeben sind, damit sich Gebäude im Sommer nicht zu stark aufheizen. Hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes müssen das geltende Baurecht und die anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden.

Es ist insbesondere zu berücksichtigen, dass

- die Fensterflächen, Oberlichter und Glaswände (transparente Flächen) nicht zu groß sind,
- die Art der transparenten Flächen, z. B. Isolier-, Sonnenschutz-, Wärmeschutzverglasung angemessen ist,
- die Ausrichtung von transparenten Flächen, z. B. in Nordrichtung, berücksichtigt wird,

- geeignete Sonnenschutzvorrichtungen (außenliegender Sonnenschutz ist wirksamer als innenliegender) die Sonneneinstrahlung reduzieren und damit die Aufheizung innen begrenzen und
- durch bauseitige Maßnahmen (freie oder technische Lüftung) eine ausreichende Frischluftzufuhr möglich ist.

Generell ist es für das Raumklima günstig, Gebäude in einer massiven Bauweise zu errichten. Viele moderne Firmengebäude sind jedoch in leichter Bauweise errichtet. Als Beispiel für die leichte Bauweise seien Stahlgerüstbauten genannt, die mit gedämmten Sandwichplatten verkleidet und abgedichtet sind und Leichtbauzwischenwände enthalten. Bei diesen Gebäuden muss besonders darauf geachtet werden, dass die Maßnahmen zum Wärmeschutz greifen. In Gebäuden mit großen transparenten Flächen können zusätzliche Maßnahmen zur Kühlung notwendig werden.

Neben den Eigenschaften des Gebäudes selbst spielt die Ausrichtung und die Umgebung des Gebäudes für den Wärmeeintrag eine wichtige Rolle. Wird das Gebäude z. B. von Beton- bzw. Gesteinsplatten, Kies oder ähnlichen Materialien umgeben, wird dort die Sonnenstrahlung reflektiert und das Gebäude zusätzlich aufgeheizt.

Andere Gebäude in der Nähe können wiederum abschatten. Bäume und Pflanzen sowie Wasser in der Nähe von Gebäuden können den Wärmeeintrag reduzieren bzw. positiv zum angenehmen Raumklima im Gebäude beitragen.

Anhaltspunkte zur energieeffizienten Gestaltung des Gebäudes liefert der Energieausweis (auch Gebäudeenergiepass genannt), der seit 2009 auch für Nichtwohngebäude z. B. bei Verkauf verpflichtend ist. Dieser gibt Auskunft über die energetische Qualität des Gebäudes und enthält Angaben zur Qualität der Dämmung und der Heizungsanlage. Für den Gebäudeeigentümer enthält der Energieausweis zusätzliche Tipps, mit welchen Maßnahmen er seine Gebäude energetisch optimieren kann.

3 Fragen zur Luftfeuchte



Frage 11: Warum ist gerade im Winter die Luft in Innenräumen trocken?

Warme Luft kann wesentlich mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte Luft. Die maximal mögliche Menge an Wasserdampf in der Luft (Wasserdampfsättigung) nimmt mit steigender Temperatur zu.

Wird winterlich kalte Außenluft nach dem Lüften im Gebäude durch die Heizung im Raum erwärmt, sinkt dort die sogenannte relative Luftfeuchte. Sie gibt den tatsäch-

lichen Gehalt an Wasserdampf in der Luft im Verhältnis zum maximal physikalisch möglichen Gehalt an Wasserdampf an. Die erwärmte Raumluft könnte jetzt wesentlich mehr Feuchtigkeit aufnehmen als in der zugeführten kalten Außenluft enthalten ist. Deshalb verringert sich die relative Luftfeuchte der Raumluft, sofern kein Ausgleich geschaffen wird.

Wenn im Winter kalte Außenluft ohnehin schon wenig Feuchtigkeit enthält, erniedrigt sich die relative Luftfeuchte durch das Erwärmen auf Raumtemperatur, wie das folgende Beispiel (Abbildungen 5 und 6) zeigt:

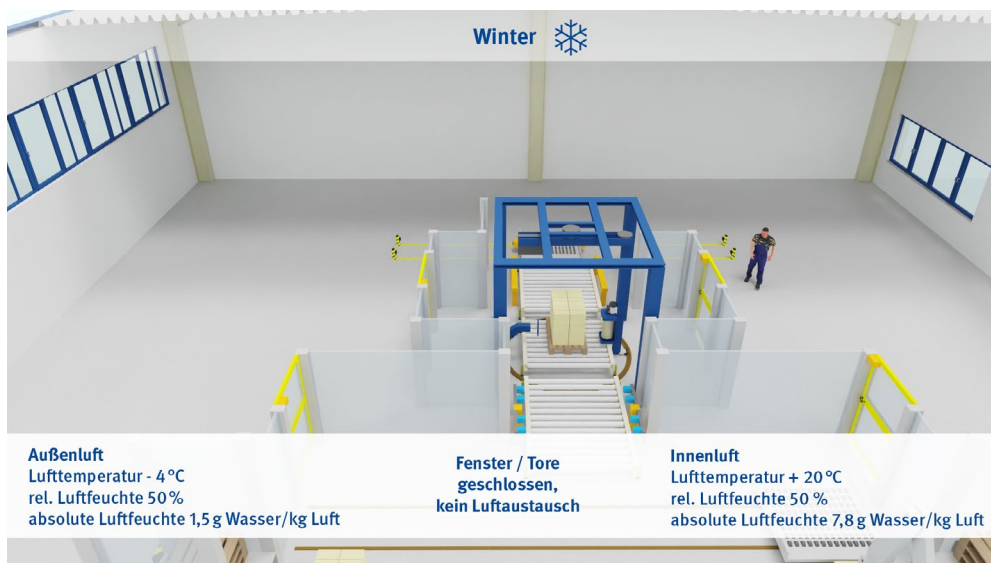


Abb. 5 Luftfeuchte vor dem Lüften

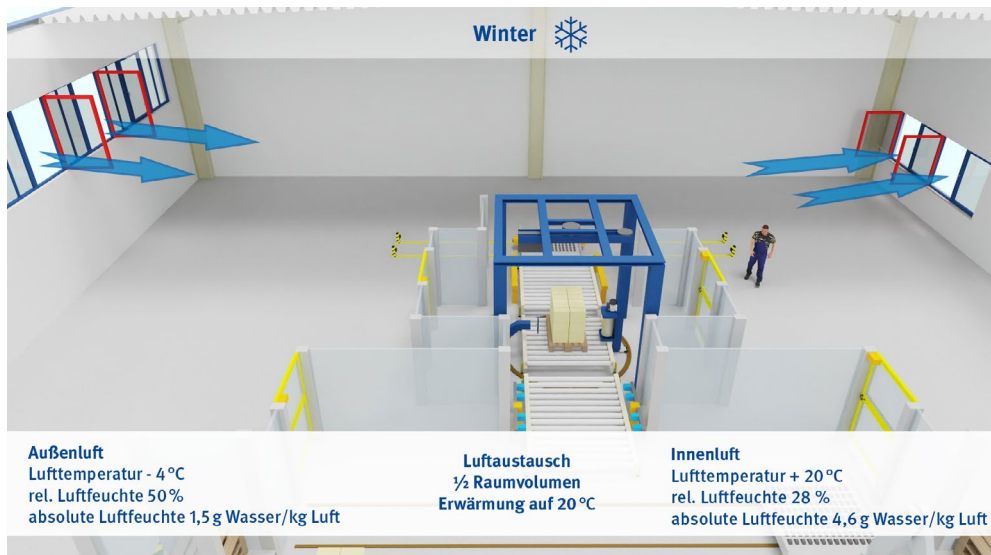


Abb. 6 Luftfeuchte nach dem Lüften (Beispiel Austausch 1/2 Raumvolumen)



Frage 12: Welche Auswirkungen hat trockene Luft auf die Gesundheit?

Üblicherweise braucht die Raumluft nicht befeuchtet zu werden, da eine zu geringe Luftfeuchte keine nachweisliche gesundheitliche Gefährdung darstellt. In der ASR A3.6 wird klargestellt, dass witterungsbedingte Feuchte-schwankungen unberücksichtigt bleiben, das betrifft auch trockene Raumluft im Winter. Auf Schleimhäute, Haut, Augen und die Übertragung krankheitserregender Keime, z. B. Grippe-Viren, kann trockene Luft bestimmte Effekte haben, die aber im Zusammenhang mit weiteren Faktoren bewertet werden müssen.

Die landläufige Vorstellung, dass durch zu trockene Luft die Schleimhäute austrocknen und sich dadurch Krankheitserreger leichter ansiedeln können, ist nicht eindeutig bewiesen. Eine allgemeine Annahme ist, dass durch eine geringe relative Luftfeuchte die Schleimhäute trockener werden und dadurch Erkältungskrankheiten begünstigt würden. Diese Annahme konnte durch Untersuchungen an gesunden Probanden nicht bestätigt werden. So zeigten Laboruntersuchungen keine Veränderung der Schleimviskosität in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte. Bei gesunden Menschen, die durch die Nasen atmen, wird die eingeatmete Luft durch die Nasenschleimhäute ausreichend befeuchtet, so dass auch unter winterlichen Klimabedingungen keine gesundheitlichen Risiken resultieren. Grundsätzlich scheint die nasale Trockenheit mit zunehmendem Alter ein Problem darzustellen, wobei weniger die Umgebungsluftfeuchte als anatomische Veränderungen eine Rolle spielen. Bei einigen Atemwegserkrankungen kann eine niedrige Luftfeuchte (in Verbindung mit niedrigen Lufttemperaturen) zu einer Verschlimmerung führen.

Häufig werden die Ursachen für Probleme mit der Haut im Winter einer niedrigen Luftfeuchte zugeschrieben. Tatsächlich klagen Beschäftigte oft über trockene, teils juckende Haut insbesondere an Händen und Gesicht. Das ist völlig normal, da in der kalten Jahreszeit die Hornschicht der Haut trockener wird und diese Symptome verursacht. Zudem wirken Faktoren wie winterliche Kleidung und verminderte UV-Strahlung. Mit geeigneten Hautpflegemitteln kann dem entgegengewirkt werden. Bekannt ist die Verschlechterung des Hautzustandes bei bestimmten chronischen Hauterkrankungen, wie z. B. bei Neurodermitis.

Klagen über trockene Augen müssen nicht unbedingt mit einer niedrigen Luftfeuchte zusammenhängen. Neben einer geringen Luftfeuchte stellen Lufttemperaturen über 22 °C, Zugluft und Schadstoffe in der Luft Risikofaktoren für Beschwerden über trockene Augen dar. Darüber hinaus haben das Geschlecht, eingenommene Medikamente, verwendete Kosmetika, die Ernährung sowie das Tragen von Kontaktlinsen Einfluss auf die Gesundheit der Augen. Mit zunehmendem Alter verändert sich zudem die Zusammensetzung der Tränenflüssigkeit, wodurch die Tränenfilmstabilität abnimmt.

Aus Labor- und Feldstudien ist bekannt, dass Grippe-Viren in trockener Umgebung länger aktiv bleiben können und daher länger infektiös sind. Werte für die Luftfeuchtigkeit, ab denen diese Effekte wirksam auftreten, können aber derzeit noch nicht sicher angegeben werden. Insofern ist unklar, ob die Erhöhung der Luftfeuchte in Arbeitsräumen ein wirksames Mittel ist, um das Risiko an einer Grippe zu erkranken, deutlich zu senken. Das hat auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) in einer aktuell veröffentlichten Studie festgestellt. Hier wirken zahlreiche weitere Faktoren, insbesondere die im Vergleich zur Arbeitszeit deutlich längere Aufenthaltsdauer an anderen Orten mit erhöhter Infektionsgefahr, insbesondere in öffentlichen Räumen (z. B. Kaufhäuser, Banken, Theater, Restaurants...) oder Verkehrsmitteln, wo in der Regel keine Luftbefeuchtung erfolgt.



Frage 13: Was ist zu bedenken, wenn Beschäftigte über trockene Luft klagen?

Klagen über ein unbehagliches Raumklima – auch über trockene Luft – können ganz unterschiedliche Ursachen haben. Der Mensch hat kein Sinnesorgan zur direkten Wahrnehmung der Luftfeuchte. Viel mehr werden Sekundäreffekte wahrgenommen. Mögliche Ursachen können häufig Staub oder andere Verschmutzungen in der Luft sein, die durch eine niedrige Luftfeuchte länger in der Luft bleiben bzw. leichter aufgewirbelt werden können. Auch zu hohe Raumtemperaturen oder Außenluftvolumenströme verbunden mit Zugluft können Auslöser der Beschwerden sein. Zunächst sollte die Lüftungstechnische Gesamtsituation und das Raumklima untersucht werden. Es ist insbesondere zu klären, ob die Halle ausreichend gelüftet wird, ob bei Kühlung die Sollwerte erreicht werden und

die Raumtemperaturen nicht zu hoch sind. Sollten hier Mängel festgestellt werden, sollten diese erst beseitigt werden, bevor eine Luftbefeuchtung in Erwägung gezogen wird. Von einer isolierten Lösung des Problems „trockene Luft“ durch Luftbefeuchtung sollte abgesehen werden – „besser warm trocken als warm feucht“. Daher sollte beim Auftreten von Beschwerden über zu trockene Luft keine reine Fokussierung auf eine Untersuchung der Luftfeuchte erfolgen.

Auch Fehlbelastungen aufgrund eines nicht ergonomisch gestalteten Arbeitsplatzes oder einer unzureichenden Arbeitsorganisation können Beschwerden über das Raumklima auslösen, obwohl die Ursachen selbst nicht in den Raumklimaparametern liegen. Es ist also bei Klagen der Beschäftigten notwendig, die Ursache der Beschwerden zu eruieren. Dies ist in der Gefährdungsbeurteilung unter Einbeziehung des Betriebsarztes bzw. der Betriebsärztin und der Fachkraft für Arbeitssicherheit festzuhalten und zu prüfen, ob und ggf. welche Maßnahmen zu ergreifen sind. Bei bestimmten Vorerkrankungen von Beschäftigten, z. B. Neurodermitis, sollten diesbezüglich Maßnahmen im Rahmen einer betriebsärztlichen Beratung geprüft und vorgeschlagen werden. Die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung bieten dafür Hilfen und ihre Unterstützung an.

Gegebenenfalls besteht ein erhöhter Flüssigkeitsbedarf, um die in die Luft abgegebene Feuchtigkeit zu ersetzen. Eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr ist wichtig für die Gesunderhaltung und das persönliche Wohlempfinden. Dadurch wird auch die natürliche Regulation der Schleimhautbefeuchtung unterstützt.

Für den Fall, dass Beschwerden auftreten, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob und ggf. welche Maßnahmen zu ergreifen sind.



Frage 14: Wie kann trockene Luft befeuchtet werden?

Es gibt verschiedene Verfahren zur Luftbefeuchtung. Prinzipiell wird zwischen indirekter Luftbefeuchtung und direkter Luftbefeuchtung im Raum unterschieden.

Indirekte Luftbefeuchtung erfolgt mithilfe von Klimaanlage. Dabei wird die befeuchtete Luft über Luftdurchlässe in den Raum eingebracht.

Bei direkter Luftbefeuchtung wird Wasser direkt in die Raumluft eingebracht und so im Raum verteilt. Es wird zwischen Anlagen mit Zentraleinheiten und dezentralen, teilweise sogar mobilen Luftbefeuchtungseinrichtungen unterschieden.

Bei Luftbefeuchtern sollte auf das DGUV Test-Zeichen „Optimierte Luftbefeuchtung“ geachtet werden. Außerdem sind die Luftbefeuchter nach Herstellerangaben zu errichten, zu betreiben und instand zu halten, insbesondere zu reinigen.

Die Arbeitsweisen von Luftbefeuchtern lassen sich in 3 Grundprinzipien einteilen:

- Dampfluftbefeuchtung (empfohlen),
- Verdunstungsluftbefeuchtung und
- Zerstäubungs- oder Vernebelungsluftbefeuchtung.

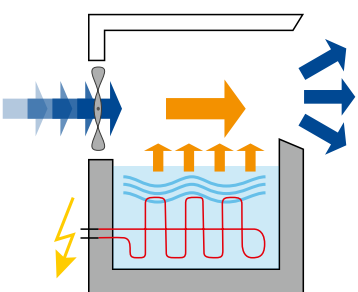
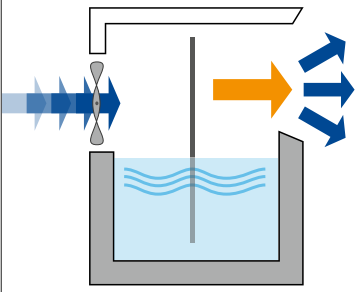
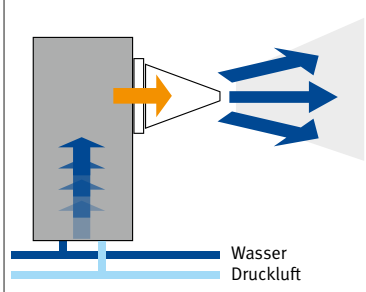
Bei Luftbefeuchtern sollte der Wassertank den Wasserverbrauch eines Tages fassen. Es gibt auch stationäre Geräte, die an das Wassernetz des Gebäudes angeschlossen werden können.

Wichtig ist, dass alle Arten von Luftbefeuchtern hygienisch einwandfrei betrieben werden (siehe VDI 6022 Blatt 1 „Raumlufttechnik, Raumluftqualität – Hygieneanforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln“).

Offene Verdunsterflächen, z. B. wassergefüllte Schalen, Springbrunnen, oder auch Heizkörperverdunster erhöhen die Luftfeuchte nur unwesentlich. Allerdings können sie einen Nährboden für Bakterien und Schimmelpilze bilden.

In nachfolgender Tabelle sind 3 Prinzipien zur Luftbefeuchtung sowie die Vor- und Nachteile von diesen gegenübergestellt:

Tabelle 4 Prinzipien der Luftbefeuchtung mit Vor- und Nachteilen (Quelle: VBG)

	Dampfluftbefeuchter	Verdunstungsluftbefeuchter	Zerstäubungsluftbefeuchter
Prinzipskizze			
Prinzip	Wasser wird zum Sieden gebracht und der Wasserdampf mit einem Ventilator in die Raumluft transportiert.	Wasser benetzt eine Verdunstungsfläche, von der ein Ventilator Wasserdampf in die Raumluft transportiert.	Wasser wird zu feinen Tröpfchen vernebelt und in die Raumluft eingeblasen, wo sie mit der Zeit verdunsten.
Vorteile	keine Verkeimungsgefahr Dampf ist geruchlos, mineralfrei	Dampf ist mineralfrei und kalt geringer Energiebedarf	einfaches energiegünstiges Prinzip
Nachteile	Verbrennungsgefahr durch heißen Dampf evtl. Verkalkung der Heizspiralen HINWEIS: Kondensatbildung an kälteren Flächen muss wegen möglicher Schimmelbildung vermieden werden!	Verkeimungsgefahr großer Wartungs- und Pflegeaufwand Filtermatten verschmutzen durch Kalk Filter vor Luftein- und -austritt sinnvoll, um Raumluft nicht mit Stoffen aus Gerät zu belasten	Verkeimungsgefahr Nässebildung an kalten Stellen im Raum Tröpfchen bilden Kalkbelag auf Oberflächen, daher Betrieb mit entkalktem/vollentsalztem Wasser notwendig unerwünschte lokale Abkühlung möglich

Die Wartungs- und Reinigungshinweise des Herstellers sind zu beachten.

Wenn nicht die Behaglichkeit und die Kühlung vorrangige Ziele sind, sondern die Luftbefeuchtung für die Einhaltung einer gewissen Luftfeuchte, wie sie für manche industriellen Prozesse notwendig ist (z. B. Textilindustrie bis zu 95 % RH, keramische Industrie mind. 60 % RH), dann kann die Luft z. B. nach o. g. Prinzipien befeuchtet werden. Für die Luftbefeuchtung in Industriehallen nach den genannten Prinzipien stehen die unterschiedlichsten Systeme zur Verfügung (siehe Onlineportal Luftbefeuchtung der BG ETEM <https://luftbefeuchtung.bgetem.de>).

Hinweis: Zur Kühlung eines Arbeitsraumes ist nach ASRA3.5 „Raumtemperatur“ keine Maßnahme erlaubt, die die absolute Luftfeuchte erhöht (z. B. direkte adiabatische Kühlung im Raum durch Einsprühen von Wassernebel). Die relative Luftfeuchte darf die Maximalwerte nach ASRA3.6 „Lüftung“ nicht überschreiten (siehe Frage 15).



Frage 15:
In welchem Bereich sollte die Luftfeuchte liegen?

Die ASR A3.6 gibt für betriebstechnisch oder arbeitsbedingte Feuchtelasten maximal zulässige relative Luftfeuchten (RH in [%]) an:

Tabelle 5 maximal zulässige Luftfeuchte nach ASR A3.6 „Lüftung“

Lufttemperatur	relative Luftfeuchte RH
+20 °C	80 %
+22 °C	70 %
+24 °C	62 %
+26 °C	55 %

An kalten Flächen im Raum, z. B. im Winter an schlecht gedämmten Stellen an Wänden, Fenstern, Decke, Fußboden bei 15 °C, kann sich bei hoher Luftfeuchte (z. B. bei 60 % rel. Luftfeuchte und 23 °C Lufttemperatur) Kondenswasser bilden. Dort können Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall (siehe Frage 27) auftreten.

Einen unteren Wert, der mindestens bei der Luftfeuchte einzuhalten ist, gibt es nach Arbeitsstättenrecht nicht! Es gibt auch bisher keine Studien, die eine höhere Gesundheitsgefahr durch trockene Luft belegen konnten (siehe auch Frage 12). Aus prozesstechnischen Gründen werden in manchen Branchen bestimmte Werte und Toleranzbereiche vorgegeben. Viele Fertigungsverfahren benötigen eine konstante, gegebenenfalls auch höhere Luftfeuchte, insbesondere um elektrostatischen Aufladungen vorzubeugen, z. B. Druckindustrie, Halbleiterfertigung, Leiterplattenproduktion, Holzindustrie, Textilindustrie, Lederindustrie. Elektrostatische Aufladungen können, je nach Oberflächenwiderstand und Temperatur ab einer relativen Luftfeuchte von 30 % vermieden werden (siehe TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung“).

Werden Klimaanlage und -geräte mit Luftbefeuchtung für die Erzielung eines behaglichen Raumklimas eingesetzt, werden diese i. d. R. auf eine relative Luftfeuchte von ca. 30 % eingestellt. Industrieklimaanlagen dienen nicht vorrangig der Behaglichkeit, sondern sollen für die Fabrikation einen günstigen Luftzustand herstellen; in Abhängigkeit von der Temperatur werden hier meist höhere relative Luftfeuchten eingestellt (siehe Frage 14).

Im Sommer ist eine hohe Luftfeuchte in Verbindung mit einer hohen Lufttemperatur für die Beschäftigten belastend (Schwüle; z. B. 62 % Luftfeuchte bei 24 °C). Die Beschäftigten schwitzen, und der Schweiß kann wegen der hohen Luftfeuchte schlecht verdunsten. Deshalb kühlt der Körper nicht genügend ab. Das Raumklima wird als unbehaglich schwül empfunden. Beim Einsatz von Splitgeräten und Klimaanlagen mit Kühlregistern findet an der Kühlfläche automatisch eine Kondensation der Luftfeuchte statt, wodurch die relative Feuchte der Luft sinkt. Dies wird zusätzlich als angenehm empfunden, weil der Schweiß auf der Haut dann besser verdunsten kann.

4 Fragen zur Luftgeschwindigkeit



Frage 16: Wann spricht man von Zugluft?

Eine unerwünschte Form der Luftbewegung ist die sogenannte Zugluft. Sie verursacht eine lokale Abkühlung des Körpers. Dabei sind der Schulter- und Nackenbereich, die Fußgelenke („Knöchelziehen“) sowie der Rücken besonders empfindlich.

Das Unbehagen durch Zugluft nimmt mit steigender Luftgeschwindigkeit, mit größeren Schwankungen der Luftgeschwindigkeiten (sog. Turbulenzen) sowie mit geringerer Temperatur und geringerer körperlicher Aktivität zu. Eine lokale Messung allein der Luftgeschwindigkeit lässt keine Aussage darüber zu, ob Zugluft vorliegt oder nicht! Bei auftretenden Beschwerden über Zuglufterscheinungen sollten mögliche Ursachen ermittelt und entsprechende Abhilfemaßnahmen getroffen werden (siehe Fragen 18 und 24).

Für einen wirksamen Luftaustausch sind jedoch Luftbewegungen erforderlich (siehe ASR A3.6 und Frage 17).



Frage 17: In welchem Bereich soll die Luftgeschwindigkeit liegen?

Für Lufttemperaturen von +20 °C werden mittlere Luftgeschwindigkeiten bis zu 0,15 m/s empfohlen (siehe auch ASR A3.6). Bei höheren Lufttemperaturen können höhere Luftgeschwindigkeiten angenehm sein, z. B. bei +26 °C bis zu 0,25 m/s. Beide Wertepaare gelten nur bei einem Turbulenzgrad (Maß für die Schwankung der Luftgeschwindigkeit, Verhältnis der Standardabweichung der Luftgeschwindigkeit zur mittleren Luftgeschwindigkeit) von 40 % und bei leichter Arbeitsschwere.

Bei Fensterlüftung, z. B. Quer- und Stoßlüftung, können höhere Luftgeschwindigkeiten auftreten. Die Zeiträume dieser Lüftungsart sind deshalb auf das notwendige Maß zu begrenzen (siehe ASR A3.6).



Frage 18: Wodurch kann Zugluft entstehen und was kann dagegen getan werden?

Die Ursachen für Zugluft sind vielfältig, z. B.:

- Kaltluft strömt durch Fenster, Lüftungs- und Klimaanlage oder auch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle in den Raum, fällt nach unten und verursacht vor allem im Nackenbereich und im Fußbereich Zuglufterscheinungen
- An kalten Umgebungsflächen kühlt die Raumluft ab, fällt nach unten und verursacht vor allem im Fußbereich Zuglufterscheinungen
- Unsachgemäß eingestellte Zuluftdurchlässe, z. B. Volumenstrom zu hoch oder zu niedrig eingestellt, falsche Betriebsart eingestellt, z. B. Heizbetrieb mit kühler Zuluft
- zu große Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Raumluft

Maßnahmen gegen Zugluft sind z. B.:

- Lüftungsverhalten bzw. Zulufttemperaturen der Lüftungs- und Klimaanlage anpassen
- Fenster abdichten oder ggf. erneuern
- Gebäudedämmung überprüfen und nachbessern
- Zuluftdurchlässe in Lüftungs- und Klimaanlage nach Herstellerangaben einregulieren lassen
- Schleusen oder Luftschleieranlagen an Türen und Toren ergänzen
- Trennwände (mobil)
- Kleidung anpassen

5 Fragen zur Lüftung



Frage 19: Warum müssen Hallen gelüftet werden?

Durch Prozesse in Industriehallen fallen häufig Emissionen von Maschinen, Geräten und Materialien an, z. B. Staub. Dann ist primär die Gefährdungsbeurteilung nach Gefahrstoffverordnung mit der Ableitung geeigneter Schutzmaßnahmen umzusetzen, z. B. durch Absauganlagen oder Hallenlüftungsanlagen. Durch die Atmung des Menschen nimmt der CO₂-Gehalt im Raum zu. Vorrangig durch die zuerst genannten prozessbedingten Emissionen in die Hallenluft, ergänzt durch die Ausdünstungen des Menschen und den CO₂-Anstieg, spricht man von verbrauchter Luft, die stickig, abgestanden und ermüdend empfunden wird. Dagegen hilft nur eins: Lüften, d. h.: Durch den Luftaustausch bzw. die Lüftung wird die verbrauchte Raumluft durch frische Außenluft ersetzt.

Bei dem Einsatz von Absauganlagen, die prozessbedingte Gefahrstoffe an der Entstehungsstelle absaugen und die abgesaugte Luft ins Freie befördern, ist eine Belüftung der Halle in dem Fall erforderlich, um die ins Freie abgegebene Luft auszugleichen. Des Weiteren können technische Anlagen zur Raumlüftung zur Beseitigung prozessbedingter thermischer Lasten beitragen, insbesondere wenn die Luftführung nach dem Prinzip der Schichtenströmung (siehe DGUV-Regel 109-002) umgesetzt wird.

Auch in Industriehallen, in denen nur geringe Gefahrstoffemissionen und Wärmelasten auftreten, muss eine ausreichende Lüftung gewährleistet sein, wenn dort Beschäftigte arbeiten. Hier steht der Gesundheitsschutz der Beschäftigten im Vordergrund! Grundsätzlich gilt es, eine gute Luftqualität sicherzustellen (siehe Fragen 25–27). Aber auch der Infektionsschutz der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen kann nur bei einer guten Lüftung der Industriehalle sichergestellt werden (siehe Frage 27).

Viele Hallen können aufgrund ihrer Raummaße und den geringen Lüftungsflächen, z. B. den Fenstern, nicht ausreichend über eine freie (natürliche) Lüftung (siehe Frage 20) belüftet werden. In der ASR A3.6 wird beschrieben, wie beurteilt werden kann, ob eine freie Lüftung ausreicht oder eine technische Lüftung erforderlich ist.



Frage 20: Welche Arten der Lüftung gibt es?

Man unterscheidet die

- freie (natürliche) Lüftung
- technische (maschinelle) Lüftung

Die freie Lüftung erfolgt beispielsweise durch geöffnete Fenster, Luken in Lichtbändern oder Dachluken. Die technische Lüftung wird durch Lüftungs- und Klimaanlage realisiert. Wesentlich ist, dass durch diese Anlagen Außenluft in die Gebäude geleitet wird. Wird die Außenluft nur erwärmt, spricht man von Lüftungsanlagen. Kann diese zusätzlich gekühlt und be- oder entfeuchtet werden, spricht man von Klimaanlage. Lüftungs- und Klimaanlage werden unter dem Begriff raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) zusammengefasst.

In vielen Hallen überwiegt die freie Lüftung. Man unterscheidet dabei Spalllüftung (gekipptes Fenster; Abb. 7) und Stoßlüftung (kurzzeitig ganz geöffnetes Fenster; Abb. 8), wobei die Stoßlüftung einen wesentlich intensiveren Luftaustausch bewirkt. Noch intensiver ist die Quertlüftung (Abb. 9), bei der z. B. gegenüberliegende Fenster geöffnet werden. Dabei können hohe Luftgeschwindigkeiten entstehen – es besteht dann auch Zugluftgefahr (siehe Fragen 16–18).



Abb. 7
Spallüftung



Abb. 8
Stoßlüftung



Abb. 9
Querlüftung

Freie Lüftung bei Industriehallen

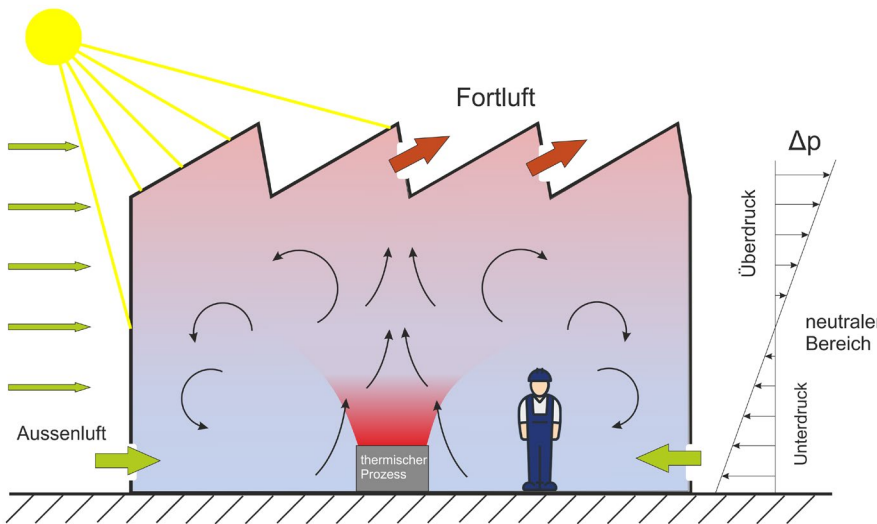


Abb. 10
Freie Lüftung

Insbesondere in Industriehallen mit thermischen Prozessen kann eine freie Lüftung funktionieren, jedoch ist die Voraussetzung dafür, dass oben durch das Hallendach die wärmere, aufsteigende Luft entweichen kann und im bodennahen Bereich frische Außenluft z. B. durch Lüftungsgitter in Außenwänden nachströmen kann. Jedoch hängt auch dann der Luftaustausch von Druck- und Temperaturdifferenzen innerhalb und außerhalb der Halle ab.

Die Wirksamkeit der freien Lüftung ist vor allem vom Wetter abhängig. Nur bei Temperaturunterschieden zwischen innen und außen oder wenn es windig ist, findet ein Luftaustausch statt. So kann beispielsweise im Frühjahr bei Windstille und Außentemperaturen von +20 °C das natürliche Lüften fast wirkungslos sein. Wegen dieser Abhängigkeit kann bei freier Lüftung nicht mit einer bestimmten Luftwechselrate gerechnet werden.

Die Luftwechselrate gibt an, wie häufig pro Stunde das gesamte Raumvolumen durch Luft ausgetauscht wird. Allerdings macht sie keine Aussage darüber, ob der gesamte Raum mit Außenluft durchspült wird, weil dafür auch die Raumgeometrie entscheidend ist. Sind die anwesenden Personen die maßgeblichen Emissionsquellen für luftfremde Stoffe (z. B. Büroräume, Lagerhallen), kann

eine Luftwechselrate von 1/h durch freie Lüftung erreicht werden und ausreichend sein, d.h. in einer Stunde wird die gesamte Raumluft einmal erneuert.

Technische Lüftung bei Industriehallen

Eine technische Lüftung über RLT-Anlagen ist erforderlich, wenn der notwendige Luftaustausch über freie Lüftung nicht erreicht werden kann, z. B. in großen Räumen mit fenster- bzw. türfernen Bereichen* oder wenn aus prozesstechnischen Gründen Fenster und Tore geschlossen gehalten werden müssen. Auch bei Umgebungsbelastungen durch z. B. Straßenlärm und besondere Außenluftverschmutzung empfiehlt sich der Einsatz von Lüftungs- und Klimaanlage. Die RLT-Anlage ist von einer Fachfirma auf Grundlage der aktuellen Regelwerke (z. B. DGUV Regel 109-002, VDI 2262, VDI 3803, VDI 6022 oder VDMA 24168) auszulegen, zu planen, zu bauen, instand zu halten und regelmäßig zu prüfen. Der benötigte Zuluftvolumenstrom sollte immer entsprechend der tatsächlich anfallenden Lasten ausgelegt werden.

Zu beachten ist, dass die RLT-Anlage nur dann wirksam arbeitet, wenn Fenster und Türen geschlossen sind.

* Bei einseitiger freier Lüftung, z. B. alle Fenster in einer Außenwand, sollte die Raumtiefe nicht mehr als das 2,5-fache der Raumhöhe betragen. Beispiel: Raumhöhe $H = 2,80\text{ m}$, Raumtiefe nicht über $7,0\text{ m}$ ($2,5 \times 2,8\text{ m}$) oder Raumhöhe $H = 4\text{ m}$, Raumtiefe nicht über 10 m . (siehe ASR A3.6)

Ausführungen einer technischen (maschinellen) Lüftung:

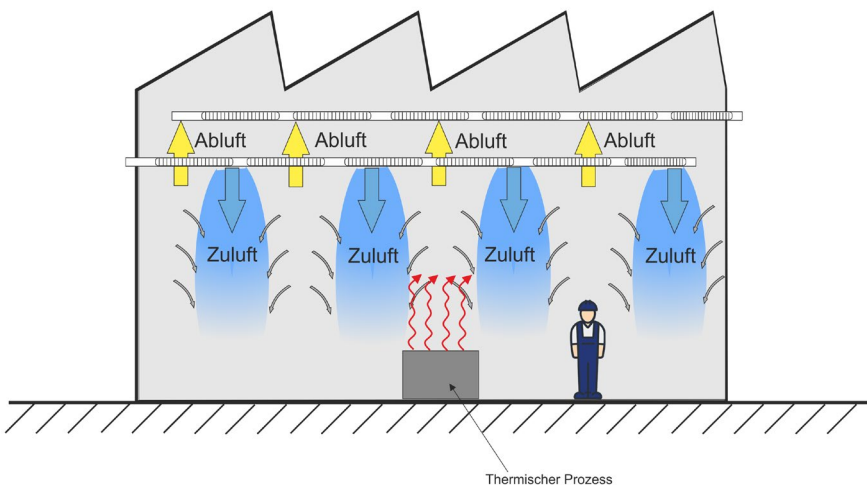


Abb. 11
Technische Lüftung als Mischlüftung

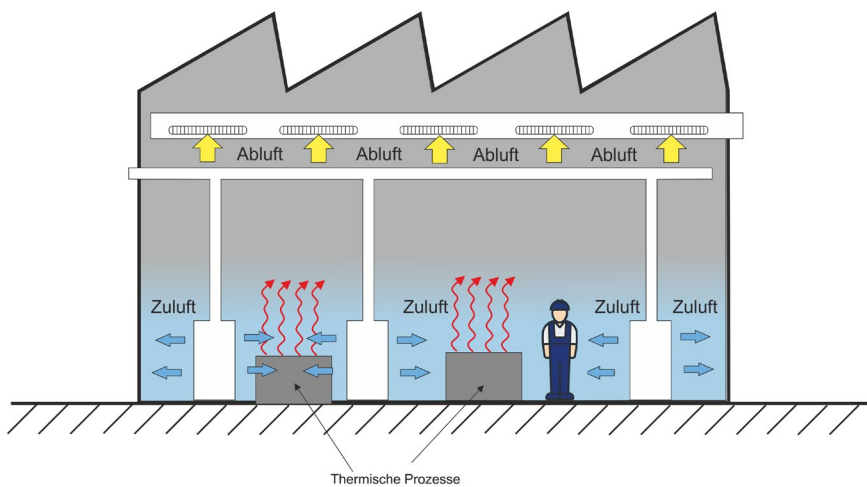


Abb. 12
Technische Lüftung als Schichtlüftung

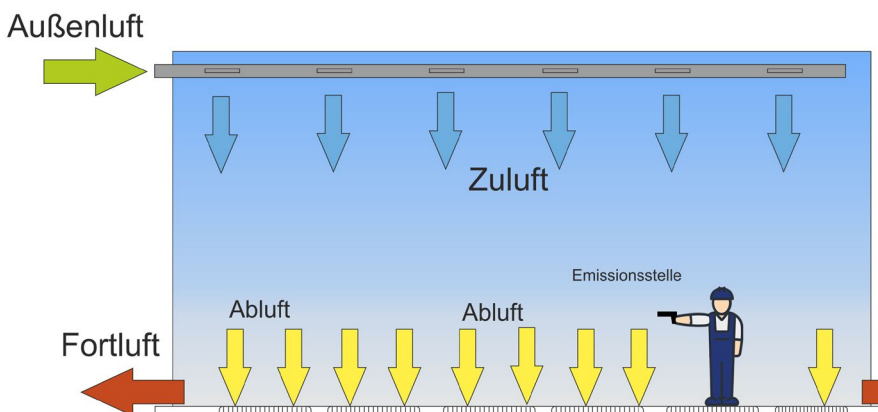


Abb. 13
Technische Lüftung als Verdrängungslüftung

Wenn in Industriehallen Prozesse stattfinden, bei denen Gefahrstoffe freigesetzt werden, muss nach Gefahrstoffverordnung alles nach dem Stand der Technik mögliche getan werden, um den Gefahrstoff möglichst konzentriert und nah an der Entstehungsstelle abzusaugen und gefahrlos aus dem Arbeitsbereich zu entfernen. Hierzu muss der Freisetzungsprozess genau analysiert werden. Physikalische Ausbreitungsmechanismen sollten sowohl bei der Absaugung an der Entstehungsstelle wie auch bei einer technischen Hallenlüftung sinnvoll genutzt werden: So ist bei Prozessen mit starker Wärmeentwicklung eine Schichtlüftung sinnvoll, während es z. B. bei schwereren Lösemitteldämpfen sinnvoll sein kann, mit einer Verdrängungslüftung zu arbeiten. Bei Mischlüftungsanlagen wird die verbrauchte Luft nicht gezielt durch Frischluft ersetzt, sondern nur verdünnt. Damit ist die Mischlüftung weniger zielgerichtet als die Schichtlüftung oder die Verdrängungslüftung – nur ein Teil der Zuluft gelangt unten in den Aufenthaltsbereich der Beschäftigten. Oft lassen die räumlichen Gegebenheiten aber keine andere Lösung zu und manchmal ist sie sogar erwünscht.



Frage 21:
Wie lüftet man richtig?

Als überschlägiges Maß für die Lüftung gilt die Luftwechselrate (Def. siehe Frage 20). Bei kalter, trockener Außenluft im Winter kann eine geringere Luftwechselrate sinnvoll sein (siehe Frage 7 und Frage 20). Sind die anwesenden Personen nicht die maßgebliche Stoffemissionsquelle, können je nach Produktionsbereich andere Erfahrungswerte als Orientierungshilfe herangezogen werden, die nicht die Luftwechselrate, sondern einen flächenbezogenen Zuluftstrom angeben. Dieser ist unabhängig von der Hallenhöhe und damit für diesen Zweck besser geeignet.

Tabelle 6 Erfahrungswerte flächenbezogener Zuluftströme in Anlehnung an VDI Richtlinie 2262 Blatt 3, Ausgabe Juni 2011

Produktionsbereich	Flächenbezogener Zuluftstrom [m³/h] je m² Hallenfläche
Gießerei:	
• Sandaufbereitung	50–60
• Kernherstellung und –lagerung	60–80
• Schmelzbetrieb	90–140
• Abguss und Gusskühlung	
• Formguss	100–200
• Druckguss	60–80
Mechanische Fertigung	20–75 (meist 35–45)
Härtereie	80–90
Karosserierohbau	20–30
Umformtechnik	
• Kaltverformen (z. B. Tiefziehen)	20–30
• Warmverformen (z. B. Schmieden)	30–50
Montage	20–30
Lagerhallen	0–10
Druckereien	50–70
Galvanik (in Abhängigkeit von Erfassungsluftströmen der Bad-Randabsaugung)	60
Kunststoffteilefertigung	40–60
Lackierereien (ohne Lackierbereich und Trocknerbereich)	20–30
Labore	ca. 25
Wertstoffsor-tierkabinen	1000

Diese Werte beruhen auf Erfahrungen von vielen Jahren und dienen nur zur groben Orientierung – sie sollten nicht als alleinige Grundlage für Auslegungen von Lüftungsanlagen herangezogen werden! Bei der Planung von technischen Lüftungsanlagen ist es sehr wichtig, alle in der Industriehalle stattfindenden Prozesse zu kennen und alle Zu- und Abluftströme zu bilanzieren – dabei sind auch alle Absauganlagen einzelner Prozesse, die gezielt z. B. Schadstoffströme an der Entstehungsstelle erfassen und nach außen ins Freie fördern, zu berücksichtigen. In der Bilanzsumme sollte die Zuluftmenge immer in etwa der Abluftmenge (einschließlich Absaugvolumenströmen) entsprechen. Wenn diese Bilanz nicht ausgewogen ist, kann es zu Verschleppungen von Schadstoffen von einem in einen anderen Produktionsbereich kommen – genau dies ist nach Gefahrstoffverordnung zu vermeiden!



Frage 22: Was können Lüftungsanlagen leisten?

Die Aufgabe von Lüftungsanlagen besteht vorrangig darin, belastete oder verbrauchte Luft (siehe auch Frage 23) aus dem Raum abzuführen und durch frische Außenluft zu ersetzen. Lüftungsanlagen stellen vorrangig einen ausreichenden Luftaustausch zwischen Raumluft und Außenluft sicher.



Frage 23: Was können Klimaanlagen leisten?

Klimaanlagen bieten mehr als nur den ausreichenden Luftaustausch. Sie haben das Ziel, ein behagliches und von den Außenbedingungen unabhängiges Klima im Raum zu schaffen. Näheres zu dem Aufbau und der Funktion von Klimaanlagen siehe Frage 4 und Anhang 1 insbesondere Abschnitte E und F. Wenn Klimaanlagen korrekt ausgelegt, gut aufgebaut, gut geregelt und regelmäßig gewartet werden, können Klimaanlagen

- im Sommer die Raumluft kühlen
- im Sommer die Raumluft entfeuchten
- in der Heizperiode die Raumluft beheizen
- in der Heizperiode die relative Luftfeuchte erhöhen, sofern Luftbefeuchter eingebaut sind
- immer für einen angemessenen Luftaustausch der Raumluft mit Außenluft sorgen (z. B. über CO₂-Regelung)

- in den Räumen an jeder Stelle (durch gute Verteilung der Luftauslässe) eine ausreichende Luftqualität in der richtigen Temperatur und zugluftfrei zur Verfügung stellen



Frage 24: Können durch Lüftungs- und Klimaanlagen Beschwerden auftreten?

Durch falsch ausgelegte, eingestellte, betriebene oder ungenügend gewartete Lüftungs- oder Klimaanlagen können Beschwerden bei den Beschäftigten auftreten. Am häufigsten gemeldet werden Beschwerden über Zugluft.

Mögliche Ursachen für Beschwerden über Zugluft bei Lüftungs- bzw. Klimaanlagen:

- die einströmende Zuluft ist zu kalt (z. B. im Winter oder auch an heißen Sommertagen bei Kühlbetrieb)
- die Geschwindigkeit der einströmenden Zuluft ist zu hoch
- Zuluftdurchlässe sind unzweckmäßig positioniert, z. B. zu nah an Arbeitsplätzen
- es herrscht Unterdruck im Raum (Abluftvolumenstrom größer als Zuluftvolumenstrom). Der fehlende Luftvolumenstrom strömt unkontrolliert von außen nach. Problematisch insbesondere im Winter bzw. bei kühlen Außentemperaturen

Beispielhafte Abhilfemaßnahmen:

- Zulufttemperatur erhöhen
- Zuluftdurchlässe richtig einstellen
- Fenster bzw. Türen schließen
- wenn möglich, räumliche Abtrennung verschiedener Hallenbereiche
- falls möglich, Positionierung von Arbeitsplätzen und Zuluftdurchlässen optimieren
- Überprüfung der Einstellung und Betriebsweise der Lüftungs- oder Klimaanlage durch Fachleute bzw. Fachfirmen

Mögliche Ursachen für weitere Beschwerden über Lüftungs- bzw. Klimaanlagen:

- trockene Luft
- Augenreizungen, Niesreiz, verstopfte Nase, Reizungen der Atemwege oder Husten
- möglicherweise Keimwachstum, z. B. Bakterien, Schimmelpilze in der Lüftungs- oder Klimaanlage aufgrund mangelhafter Wartung. Als hygienisch besonders kritisch sind Luftfilter und Luftbefeuchter anzusehen.

Beispielhafte Abhilfemaßnahmen:

- bei Klimaanlage Überprüfung bzw. Einstellung der Luftbefeuchtungseinrichtung durch Fachleute bzw. Fachfirmen
- regelmäßige Prüfung durch Fachleute bzw. Fachfirmen
- **Wartung der Lüftungs- und Klimaanlage, z. B. rechtzeitiger Wechsel der Luftfilter und Hygienekontrollen/ Hygieneinspektionen durch entsprechend geschultes Personal nach VDI 6022.**

Darüber hinaus sollte bei der Auslegung und Ausführung von Lüftungs- und Klimaanlage auch der Infektionsschutz während einer Pandemie z.B. durch Viren wie SARS-CoV-2 berücksichtigt werden: So spricht die 2020 erlassene Arbeitsschutzregel zu SARS-CoV-2 davon, dass ein möglichst hoher Luftaustausch mit Außenluft zu realisieren ist und eine Umluftführung nach Möglichkeit zu vermeiden ist, damit die von Menschen ausgeatmeten und möglicherweise mit Viren belasteten Aerosole schnell ins Freie befördert oder zumindest in ihrer Konzentration verdünnt werden. Der in der ASR A3.6 genannte untere Beurteilungswert für die Luftqualität von 1000 ppm CO₂ sollte gemäß der Arbeitsschutzregel möglichst unterschritten werden. Insbesondere in Industriehallen mit vielen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen auf kleinem Raum können sonst Infektionsketten durch falsche oder nicht ausreichende Lüftung begünstigt werden.

Weiterführende Informationen:

- Fachbereich AKTUELL FBVW-502 „SARS-CoV-2: Empfehlungen zum Lüftungsverhalten an Innenraumarbeitsplätzen“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-114 „Möglichkeiten zur Bewertung der Lüftung anhand der CO₂-Konzentration“
- Fachveröffentlichung der BAuA „Infektionsschutzgerechtes Lüften“

6 Fragen zur Luftqualität



Frage 25: Was heißt Luftqualität?

Der Begriff Luftqualität beschreibt die Beschaffenheit der Luft bezogen auf ihren Gehalt an Stofflasten. Zur Beurteilung der Luftqualität sind Kriterien definiert worden, die den Gehalt an Stoffen in der Luft beschreiben, damit die von der Bevölkerung eingeatmete Luft keine negativen Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen hat. Neben den erstmals 1972 von der WHO beschriebenen Kriterien für die Außenluft wurden 2006 auch Kriterien für die Innenraumluft festgelegt. Die von der WHO beschriebenen Kriterien für Luft gelten für die Allgemeinbevölkerung – somit auch für Kinder, Senioren und gesundheitlich vorbelastete Personen.

Die Luftqualität am Arbeitsplatz beschreibt den Gehalt, das Zusammenspiel und die Auswirkungen chemischer und biologischer Stoffe sowie von Stäuben in der Luft. Die Qualität der Raumluft wird unter anderem von der Qualität der Außenluft, die durch natürliche Lüftung oder durch Zuluft aus Lüftungs- bzw. Klimaanlage in die Arbeitsstätte gelangt, bestimmt. Außerdem wird die Raumluftqualität vom Verhalten der Beschäftigten, z. B. Rauchen, von der Raumnutzung, z. B. Anzahl der Beschäftigten, verwendete Maschinen und Geräte, Produktionsprozesse und durch raumbedingte Verunreinigungen, z. B. Staub, Gerüche, Ausdünstungen aus Baumaterialien und Einrichtungen, beeinflusst.



Frage 26: Welche Anforderungen an die Luftqualität gibt es am Arbeitsplatz?

Nach Arbeitsstättenverordnung muss in Arbeitsräumen 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.

Ausreichend gesundheitliche zuträgliche Atemluft entspricht in der Regel der Außenluftqualität. Sollte die Außenluft im Sinne des Immissionschutzrechts un-

zulässig belastet oder erkennbar beeinträchtigt sein, z. B. durch Fortluft aus Absauganlagen, starken Verkehr, schlecht durchlüftete Lagen, sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung gesonderte Maßnahmen, z. B. Beseitigung der Quellen luftfremder Stoffe, Verlegen der Ansaugöffnung bei RLT-Anlagen, zu ergreifen.



Kleiner Exkurs: Gefahrstoffe

Nach Gefahrstoffverordnung sind Gefahrstoffe, an ihrer Quelle zu beseitigen und auf ein Minimum zu reduzieren. Die Belastungen mit diesen Stoffen muss möglichst gering gehalten werden und darf nicht auf weitere Arbeitsplätze verschleppt werden. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung müssen die Tätigkeiten genau beschrieben werden, um sie von nicht belastenden Tätigkeiten abzugrenzen. Es muss ermittelt werden, welche Gefahrstoffe freigesetzt werden können und welche Maßnahmen für die belasteten Arbeitsplätze zu treffen sind. Weitere Informationen zu Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sind von fachkundigen Personen unter Zuhilfenahme des aktuellen Regelwerkes zu erhalten.



Frage 27: Welche Beeinträchtigungen der Luftqualität können in Industriehallen auftreten?

Die Innenraumluftqualität kann durch Feuchte-, Wärme- und Stofflasten insbesondere durch Produktionsprozesse in Industriehallen beeinträchtigt werden. Die Stoffbelastung in Industriehallen hängt meist von darin stattfindenden Produktionsprozessen ab. Umfassen die Produktionsprozesse Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, so fällt die Tätigkeit in den Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV). Unter Einhaltung der Anforderungen der Gefahrstoffverordnung und den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) ist für gesunde Beschäftigte von keiner Gesundheitsgefährdung auszugehen. Um auszuschließen, dass ausgehend von einem belasteten Arbeitsplatz Gefahrstoffe in die Umgebung gelangen, sollten z. B. eine Wirksamkeitsprüfung der vorhandenen Absauganlagen und ggf. messtechnische Untersuchungen zur Ermittlung der Stoffbelastung durchgeführt werden.

Eine Beeinträchtigung durch Schadstoffe aus Produktionsprozessen sollte unter Einhaltung der Gefahrstoffverordnung auch in Industriehallen nicht vorliegen.

Weitere mögliche Beeinträchtigungen der Luftqualität ergeben sich durch eine Belastung mit Schimmelpilzsporen. Diese können aus vorhandenen Gebäudeschäden, belasteten Rohstoffen oder im Produktionsprozess durch entsprechende raumklimatische Bedingungen (hohe Temperatur und hohe rel. Luftfeuchte) entstehen. Schimmelpilzsporen können für empfindliche Personen und Allergiker eine Gesundheitsgefährdung darstellen.

Kleiner Exkurs: „Schimmelpilze“

Schimmelpilzsporen sind überall in der Luft – sowohl innen als auch außen – vorhanden. Die Anzahl und Artenzusammensetzung schwankt im jahreszeitlichen Verlauf. Bei einem aktiven Schimmelbefall im Gebäude können sie in erhöhter Konzentration vorliegen. Schimmelpilzsporen können sensibilisierend wirken und für empfindliche Personen (z. B. Allergiker) eine gesundheitliche Belastung darstellen.

Bei sichtbarem Schimmelbefall sollte die Ursache ermittelt werden. Schimmelpilze benötigen Feuchtigkeit zum Wachsen. Daher muss die Quelle der Feuchtigkeit, z. B. Kondensat durch falsches Lüften oder Eindringen von Wasser bedingt durch Bauschäden, durch einen Experten bzw. eine Expertin festgestellt werden. Nur wenn die Quelle der Feuchtigkeit beseitigt wird, kann die Entfernung des Schimmels dauerhaft erfolgreich sein.

In Industriehallen spielt eine Beeinträchtigung durch „verbrauchte Luft“, also ein Anstieg der CO₂-Konzentration durch Stoffwechselprozesse des Menschen aufgrund des großen Raumvolumens i.d.R. eine untergeordnete Rolle. Anlagen und Prozesse (insbesondere Verbrennungsprozesse) können weitere CO₂-Quellen darstellen. Eine richtig ausgelegte, einwandfrei funktionierende und bestimmungsgemäß betriebene RLT-Anlage oder ein entsprechendes Lüftungskonzept sind hierfür, auch in Hinblick der Raumtemperatur unabdingbar (siehe Fragen 19–22). Verbrauchte Luft im Sinne einer leicht erhöhten CO₂-Konzentration ist für Beschäftigte nicht gesundheitsschädlich. Allerdings können die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit sinken, die Fehlerquote ansteigen und eventuell Kopfschmerzen auftreten. Wenn

durch Arbeitsprozesse oder unterlassene Lüftung Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW, für CO₂ 5000 ppm) erreicht oder überschritten werden sollten, muss von direkten Gesundheitsgefahren ausgegangen werden. Dann besteht dringender Handlungsbedarf, wirksame Schutzmaßnahmen, z. B. eine ausreichende Frischluftzufuhr, zu ergreifen. Werden dagegen AGW am Arbeitsplatz eingehalten, ist für Beschäftigte nicht von einer Gesundheitsgefahr auszugehen. AGW werden als Mittelwert über täglich 8 Stunden Expositionszeit für das gesamte Arbeitsleben von ca. 40 Jahren bestimmt und immer aktuell in der TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ veröffentlicht.

In Lagerhallen mit hohen Brandlasten wird häufig aus Gründen des Brandschutzes der Sauerstoffgehalt von knapp 21% auf bis zu 17% abgesenkt – in diesen Fällen entspricht die Luft auch nicht der Außenluftqualität. Hier dürfen sich Beschäftigte nur kurzzeitig aufhalten. Körperlich anstrengende Arbeiten sind wegen der Sauerstoffreduzierung dort nicht möglich.

Durch das Erdreich kann in manchen Gegenden Deutschlands das geruchlose Edelgas Radon an Arbeitsplätze, insbesondere an Arbeitsplätze unter der Erdgleiche oder im Erdgeschoss eines Gebäudes gelangen. Radon in Innenräumen erhöht das Risiko an Lungenkrebs zu erkranken. Deshalb wurde ein Radonmaßnahmeplan festgelegt, in dem Bund und Länder zunächst eine Einschätzung der Radonsituation in Deutschland vornehmen (in den Jahren 2019 – 2020). Anschließend muss der Arbeitgeber bzw. die Arbeitgeberin nachweisen, dass die Belastung am Arbeitsplatz unterhalb eines Referenzwertes liegt und ggf. müssen dann entsprechende Maßnahmen getroffen werden (z. B. Lüften). Weitere Informationen zu dem Thema Radon finden sich auf den Internetseiten des Bundesamtes für Strahlenschutz www.bfs.de und den Internetseiten der Bundesländer.

In der ASR A 3.6 „Lüftung“ und vom Umweltbundesamt werden CO₂-Konzentrationen genannt, ab denen u.a. vermehrt gelüftet werden soll.

Außenluftkonzentration	ca. 400 ppm
kein Handlungsbedarf	< 1000 ppm
Lüftung sollte verbessert werden	< 2000 ppm
Lüftung muss verbessert werden	> 2000 ppm



Frage 28:
**Was muss beachtet werden, wenn in
Industriehallen Sozialcontainer oder
Büros untergebracht sind?**

Dann befinden sich kleinere Räume mit geringerem Luftvolumen innerhalb einer Industriehalle, bei denen auch für einen regelmäßigen Luftaustausch mit Außenluft zu sorgen ist. Ansonsten kann es hier sehr wohl und schnell zu einem Anstieg der CO₂-Konzentration aufgrund der vorhandenen Personen (siehe Frage 27) kommen. Befinden sich diese Räume in Industriehallen an einer Außenwand mit Fenstern, kann der Luftaustausch mit Außenluft über freie Fensterlüftung (siehe ASR A3.6) erfolgen. Wenn sich diese Räume aber inmitten einer Industriehalle befinden, ist der freie Luftaustausch über Fenster nur mit der Hallenluft möglich! Entspricht diese Hallenluft nicht der Außenluftqualität, müssen diese Räume mindestens mit einer technischen Belüftungsanlage ausgestattet werden, durch die der ausreichende Austausch mit Außenluft sichergestellt wird.



Frage 29:
**Wie bewerte ich die Luftqualität in
Industriehallen?**

In Industriehallen liegen häufig völlig unterschiedlich zu bewertende Arbeitsplätze nebeneinander vor:

- Arbeitsplätze, an denen mit Gefahrstoffen gearbeitet wird und die damit unter den Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung fallen (AGW sind einzuhalten, siehe Frage 27) und
- Innenraumarbeitsplätze, an denen nicht mit Gefahrstoffen gearbeitet wird und die deshalb auch nicht unter den Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung fallen

Derzeit werden in Deutschland zur Beurteilung der Exposition an Innenraumarbeitsplätzen Werte sehr unterschiedlicher Art und Herkunft herangezogen. Diese Werte sind – anders als die für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen festgelegten 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) und, sofern für einen Stoff kein RW festgelegt wurde, statistisch abgeleitete Referenzwerte herangezogen. Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte wurden von den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung für Innenraumarbeitsplätze erhoben. Weitere Institutionen haben auch Referenz-/ oder Orientierungswerte zur Bewertung der Luftqualität im Innenraum ermittelt.

Bei der Bewertung der Raumluftqualität mit Hilfe von RW und/oder Referenzwerten ist zu beachten, dass

- die Werte sich nicht auf eine 8 h-Arbeitsschicht, sondern auf eine lebenslange Exposition beziehen
- die Werte nicht nur für Beschäftigte im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes abgeleitet wurden, sondern für die allgemeine Bevölkerung, zu der auch z. B. Kleinkinder und Seniorinnen und Senioren zählen.



Kleiner Exkurs:
Innenraumrichtwerte – RW I und RW II

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

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.



Frage 30:
Der Geruch am Arbeitsplatz wird als unangenehm empfunden – wie gehe ich damit um?

Der Geruchssinn der Menschen ist sehr unterschiedlich ausgeprägt und wird individuell durch Erfahrungen geprägt. Häufig wird Geruch dazu verwendet, unser Wohlbefinden zu beeinflussen (z. B. durch die Verwendung von Parfümen), oder uns vor Gefahren zu warnen. So wird z. B. dem eigentlich geruchlosen Erdgas ein Odorierungsmittel beigemischt, damit der Geruch uns bei unkontrolliertem Ausströmen von Erdgas warnt. Einige Stoffe, wie z. B. Styrol oder 2-Komponenten Epoxidharze, sind bereits in sehr geringer Konzentration geruchlich wahrnehmbar. Dies kann dazu führen, dass Beschäftigte sich einer Belastung ausgesetzt fühlen, obwohl der AGW (siehe Frage 27) eingehalten wird. Die Geruchsschwellenwerte etlicher Substanzen liegen sogar deutlich unter den Innenraumrichtwerten, die für unbelastete Innenraumarbeitsplätze heranzuziehen sind. Das bedeutet, dass der Geruch eines Stoffes nicht zwangsweise auch mit einer gesundheitsgefährdenden Belastung einhergehen muss, wohl aber kann. Deshalb sind Meldungen und Beschwerden über störende Gerüche immer ernst zu nehmen und eine mögliche Gefährdung ist zu ermitteln. Die Ursache unangenehmer Gerüche, die die Beschäftigten beunruhigen und verunsichern, sollte daher möglichst beseitigt werden.



Frage 31:
Welchen Einfluss hat das Rauchen auf die Luftqualität in Innenräumen?

Zigarettenrauch enthält einen Cocktail von ca. 4000 Substanzen, von denen viele krebserzeugend, erbgutverändernd (keimzellmutagen), Fruchtbarkeitsschädigend oder fruchtschädigend (reproduktionstoxisch) sind. Nicht nur der aktive Raucher gefährdet dadurch seine Gesundheit: Auch Passivrauch wurde als potentiell krebserzeugend eingestuft. Auch wenn die gesundheitlichen Langzeitfolgen von E-Zigaretten noch nicht abgeschätzt werden können, ist der Dampf gesundheitsschädlich und sollte wie der Zigarettenrauch beurteilt werden. Zudem stellt das Rauchen an Industriearbeitsplätzen ein hygienisches Problem dar. Besteht bei der Arbeit Hautkontakt zu Gefahrstoffen, Kühlschmiermittel, Staub etc. können diese durch Verschleppung an die Zigarette beim Rauchen auch oral aufgenommen oder eingeatmet werden. Deshalb ist an solchen Arbeitsplätzen ein Rauchverbot umzusetzen.

Wichtig ist auch an Arbeitsplätzen, an denen noch kein Rauchverbot gilt, Schadstoffquellen durch Produktionsprozesse unabhängig vom Zigarettenrauch zu bewerten. Bevor in einem Raum Schadstoffkonzentrationen korrekt gemessen werden können, muss dort das Rauchen eingestellt werden.



Frage 32:
Gibt es einen Anspruch auf einen rauchfreien Arbeitsplatz?

Grundsätzlich haben Beschäftigte Anspruch auf einen rauchfreien Arbeitsplatz.

In § 5 der Arbeitsstättenverordnung ist der Nichtraucherschutz am Arbeitsplatz geregelt. Dort heißt es in Absatz (1):

„Der Arbeitgeber hat die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit die nicht rauchenden Beschäftigten in Arbeitsstätten wirksam vor den Gesundheitsgefahren durch Tabakrauch geschützt sind. Soweit erforderlich, hat der Arbeitgeber ein allgemeines oder auf einzelne Bereiche der Arbeitsstätte beschränktes Rauchverbot zu erlassen.“

7 Frage zu psychischen Faktoren



Frage 33: Wie hängen psychisches Befinden und das Raumklima zusammen?

Ein behagliches Raumklima wirkt sich positiv auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Beschäftigten und damit auf ihre Leistungsfähigkeit aus.

Auf der anderen Seite kann aber auch das psychische Befinden der Beschäftigten deren Klimaempfinden beeinflussen. Es kann vorkommen, dass ein allgemeines „Unwohlsein“ subjektiv auf vermeintlich unzureichende Klimaparameter zurückgeführt und das Raumklima negativ beurteilt wird, obwohl die Klimaparameter messtechnisch in Ordnung sind. Dabei hängt die eigentliche Ursache dieses allgemeinen „Unwohlseins“ z. B. mit den organisatorischen Arbeitsbedingungen oder mit einem schlechten Betriebsklima zusammen.

Ebenso können z. B. durch Stress oder angespanntes, konzentriertes bzw. monotones Arbeiten ohne Unterbrechungen und Wechsel der Körperhaltungen physiologische Regulationsmechanismen beeinträchtigt werden. Schwitzen, Frieren und andere Beschwerden können auftreten, die dann subjektiv gegebenenfalls als „unbehagliches Raumklima“ von den Beschäftigten geäußert werden.

Ein behaglich empfundenes Raumklima und das körperliche und psychische Wohlbefinden beeinflussen sich gegenseitig. Bei der Gestaltung der Arbeitsorganisation, des Arbeitsplatzes und der Arbeitsumgebung bzw. bei der Ermittlung von Schwachstellen ist es daher immer sinnvoll, alle relevanten Zusammenhänge zu berücksichtigen.

8 Wer hilft weiter?

Falls Sie weitere Fragen zu Klima und Luftqualität in Industriehallen haben, wenden Sie sich an Ihre betreuende Fachkraft für Arbeitssicherheit, Betriebsärztin bzw. Betriebsarzt oder Ihren zuständigen Träger der Unfallversicherung (Berufsgenossenschaft, Unfallkasse). Weitere Informationen finden Sie auch auf der Homepage der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) e. V. und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).

Anhang 1

Beschreibung und Funktionsprinzipien von Systemen zur Heizung und Kühlung von Industriehallen (zu Abschnitt 2 Frage 4 und Übersichts-Tabelle 2)

A Radiatoren/Heizkörper

Dieses Heizsystem ist im privaten Wohnungsbau und bei Bürogebäuden weit verbreitet und kann auch bei niedrigen oder gut gedämmten und dichten Industriehallen ausreichend sein. Es muss jedoch zuvor in einer Wärmebedarfsberechnung überprüft werden, ob die Wärmeleistung von Radiatoren/Heizkörpern an den Wänden montiert ausreichend ist. Wegen des höheren Wärmestrahlungsverlusts an Fenstern und der damit verursachten lokalen Abkühlung der Luft sollten Radiatoren/Heizkörper grundsätzlich unterhalb von Fenstern installiert werden, um diesen höheren Wärmeverlust dort zu kompensieren. Von Beschäftigten wird dann der höhere Wärmeverlust nicht wahrgenommen.

Durch die Verwendung von Thermostatventilen und Thermostatköpfen oder elektronischen Reglern kann mit Radiatoren/Heizkörpern in Industriehallen eine gute Behaglichkeit erzielt werden. Thermostatköpfe sind Proportionalregler, d. h. sie öffnen und schließen das Ventil entsprechend proportional zu der Temperaturdifferenz zwischen Raumtemperatur und eingestellter Sollwerttemperatur. Meist entspricht die Stellung 3 der Sollwerttemperatur von 20 °C. Liegt die Raumtemperatur bei einer Stellung 3 eines Thermostatkopfes deutlich unter 20 °C, wird das Thermostatventil durch den Thermostatkopf

automatisch weit geöffnet. Ist die Temperaturdifferenz klein, wird das Ventil durch den Thermostatkopf auch nur leicht geöffnet. Beim Erreichen oder Überschreiten von 20 °C ist das Ventil bei Stellung 3 ganz geschlossen. Es reicht also, die Solltemperatur am Thermostatkopf einzustellen, alles andere regelt der Thermostatkopf. Bei elektronischen Temperaturreglern handelt es sich i.d.R. um Zweipunktregler, die bei der Unterschreitung einer Solltemperatur das Thermostatventil vollständig öffnen und beim Erreichen der Solltemperatur vollständig schließen – diese sind damit weniger komfortabel als einfache Thermostatköpfe.

Grundvoraussetzung für eine funktionierende Heizung mit Radiatoren/Heizkörpern ist eine fehlerfreie Installation, ein hydraulischer Abgleich und eine regelmäßige Wartung. Gleiches gilt aber auch für Flächenheiz- und Kühlsysteme sowie für Deckenstrahlplatten (siehe G, H und I). Der hydraulische Abgleich kann durch Berechnung und korrekte Einstellung der Rücklaufventile oder auch spezielle Regelventile erreicht werden und sollte von einer Fachfirma durchgeführt werden. Nur mit dem hydraulischen Abgleich ist überhaupt sichergestellt, dass an jedem Radiator/Heizkörper die richtige Durchflussmenge und damit auch die richtige Wärmemenge ankommt.



Abb. 14 Heizung durch Radiatoren/Heizkörper, erhöhter Wärmeverlust durch Fenster, Konvektion

B Warmluftheizung

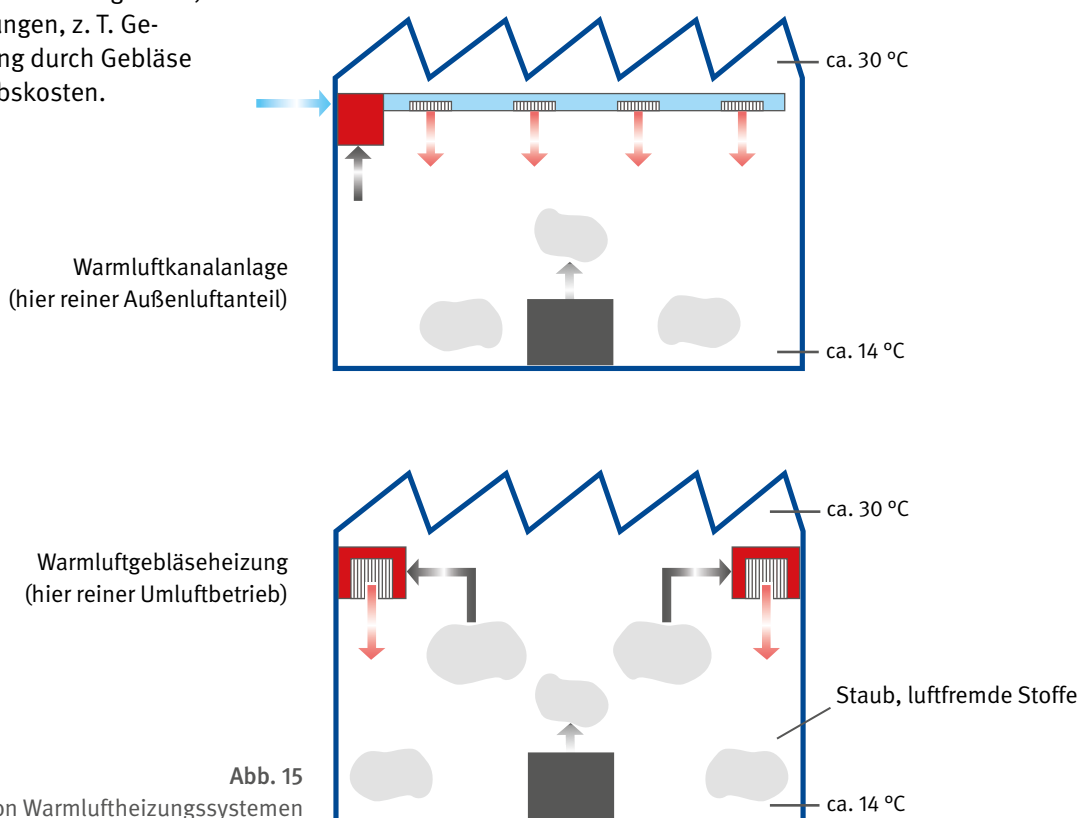
Warmluftheizungen (Abbildung 15) gibt es direktbefeuert oder auf Warmwasser- oder Dampf-Basis. Da die Warmluftheizungen meist unter der Decke angebracht werden und warme Luft durch den thermischen Auftrieb nach oben steigt, wird viel Energie benötigt, um gegen den natürlichen Auftrieb der Luft zu arbeiten und die oben erzeugte Warmluft in der gesamten Halle zu verteilen. Dies geschieht i.d.R. mit Gebläsen, die hohe Strömungsgeschwindigkeiten erzeugen und dadurch lokal Zugluferscheinungen verursachen können. Weitere negative Begleiterscheinungen sind oft z. B. Lärm und das Aufwirbeln von Staub, der sich so gleichmäßig in der gesamten Hallenluft verteilt.

Aus der Sicht der Behaglichkeit sind Warmluftheizungen nur dort brauchbar, wo hohe Luftwechselraten erforderlich sind und die Warmluftheizung nicht nur mit Umluft, sondern auch mit Außenluft fährt und diese gut verteilt wird. Von Vorteil sind geringe Investitionskosten, Nachteile sind unter anderem eine schlechte Wärmeverteilung (Hallen-Temperaturprofil: unten kühl, oben sehr warm), lokal hohe Luftgeschwindigkeiten, Staubaufwirbelungen, z. T. Geräuschbelästigung durch Gebläse und hohe Betriebskosten.

Insbesondere zu berücksichtigen ist, dass eine Erfassung und Absaugung von Gefahrstoffen und Biostoffen, wie sie bei Produktionsprozessen oft erforderlich sind, durch Luftströmungen von Warmluftheizungssystemen beeinträchtigt werden können.

Zu C, D, und G Allgemeines zu Strahlungsheizsystemen

Bei der Strahlungsheizung wird – im Gegensatz zu überwiegend konvektiv wirkenden Heizsystemen – nicht die Hallenluft als Wärmeträger genutzt. Die Energie wird in Form von Wärmestrahlung in den Raum gebracht. Erst beim Auftreffen auf feste Körper wandelt sich die Strahlungsenergie in Wärme um. Damit wird in erster Linie nicht die umgebende Luft, sondern die absorbierende Materie – also auch der menschliche Körper – erwärmt. Dieses Prinzip wirkt sich insbesondere in Industriehallen positiv aus. In der betrieblichen Praxis kommen häufig Gasinfrarotstrahler (siehe C, Hellstrahler), Heißgasstrahlungsheizungen (siehe D, Dunkelstrahler) und Deckenstrahlplatten (siehe G) zum Einsatz.



C Hellstrahler

Hellstrahler sind Infrarotstrahler und direktbefeuerte Gasgeräte (Abbildung 16). Sie werden in Größenordnungen von 6 – 40 kW gebaut. Es sind offene Gasfeuerungsanlagen, die das Gas offen atmosphärisch mit dem Sauerstoff der Hallenluft verbrennen und keine Feuerstätten. Sie unterliegen damit auch nicht der jährlichen Prüfpflicht der Abgaswerte. Das Gas wird in einer perforierten Keramik katalytisch verbrannt und heizt diese auf ca. 900 °C auf. Die Abgasführung soll entweder durch thermische oder mechanische Entlüftung erfolgen oder durch den natürlichen Luftwechsel. Die Verbrennungsabgase mischen sich mit der Raumluft. Der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) fordert in seiner DVGW-Regel G 638/1, dass bei der Installation von Hellstrahlern 10 m³ Raumluft pro Stunde je installierte kW Nennwärme mit Außenluft zu ersetzen sind. Dies geschieht meist über Wandventilatoren.

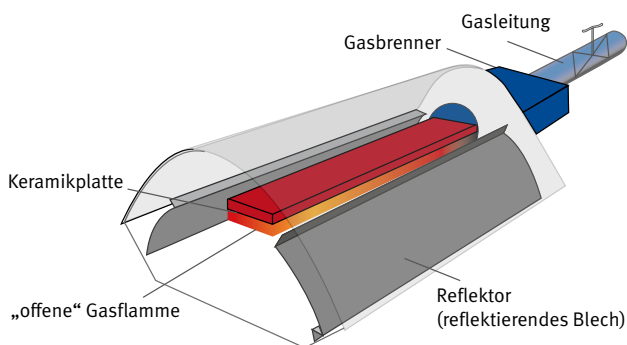


Abb. 16 Prinzip von „Hellstrahlern“ (Gas-Infrarotheizung)

D Dunkelstrahler

Dunkelstrahler werden heute in einer Länge von 3 bis 60 m und mit einer Leistung von bis zu 100 kW hergestellt. Es sind direktbefeuerte Gasgeräte mit einem zur Halle hin geschlossenen Brennraum, bei denen in der Regel mit einem Gasbrenner ein Strahlungsrohr auf 180 – 450 °C erhitzt wird. Dieses Strahlungsrohr gibt die aufgenommene Energie in Form von Wärmestrahlung wieder ab (Abbildung 17). Die Abgase werden über Abgasleitungen direkt ins Freie geführt.

Dunkelstrahler haben keine offene Flamme – das Strahlrohr ist gleichzeitig Brennraum. Weitere Bauformen sind die sogenannten Strahlungsbänder. Das sind Rezirkulationsstrahler, bei denen ein Teil der Abgase wieder in das System zurückgeführt wird. Das Strahlungsrohr dieser Rezirkulationsstrahler wird auf bis zu +250 °C aufgeheizt. Niedrige Hallen können so großflächig beheizt werden. Bei anderen Dunkelstrahlheizungen werden Oberflächentemperaturen von ca. +450 °C erreicht. Um die Wärmestrahlen in die gewünschte Richtung zu lenken und zur Verminderung von auftretender Konvektionswärme sind über den Strahlrohren Wärmereflektoren angebracht.

Hersteller von Dunkelstrahlern weisen immer darauf hin, dass es beim Einfahren der Dunkelstrahler zur Bildung von Gerüchen und Dämpfen kommen kann, wenn die Strahlrohre mit einer hitzebeständigen Beschichtung ausgestattet sind. Deshalb sind Industriehallen in dieser Einfahrphase gut zu Be- und Entlüften.

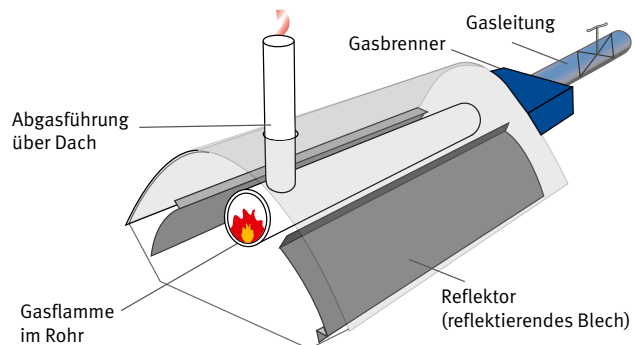


Abb. 17 Prinzip von „Dunkelstrahlern“

Zu E, F, G, H und I Allgemeines zu Heiz- und Kühl-Systemen

In jedem Raum muss nicht nur der Wärmebedarf für die korrekte Auslegung einer Heizungsanlage berücksichtigt werden, sondern auch die „inneren“ Wärmelasten, z. B. EDV-Technik, Maschinen, Beleuchtung, Personen, usw., müssen bilanziert werden. Bei neu nach Energieeinsparverordnung errichteten Gebäuden wird eine Kühlung häufig ganzjährig betrieben und eine Heizung kaum noch benötigt. Die elektrische Anschlussleistung zum Betreiben von Geräten und Maschinen und die Anzahl der Personen geben einen ersten Überblick über innere thermische Lasten.

E Klimaanlage (zentral)

Von Klimaanlage (Abbildung 18) spricht man i.d.R., wenn die Raumluft gekühlt werden soll, aber Klimaanlage können auch heizen. Bei bekanntem Wärmebedarf und bekannter Kühllast können Klimaanlage mit entsprechenden Heiz- und Kühlregistern ausgelegt werden. Meist muss bei Klimaanlage für den notwendigen Wärmetransport wegen der geringen Wärmekapazität mehr Luft bewegt werden, als nur zur Aufrechterhaltung einer gesundheitlich zuträglichen Atemluft notwendig wäre. So wird meist ein Teil der bewegten Luft als Umluft und nur ein Teil als Fortluft mit dem Ersatz von frischer Außenluft gefahren. Auch die Luftfeuchte kann über zentrale Klimaanlage reguliert werden.

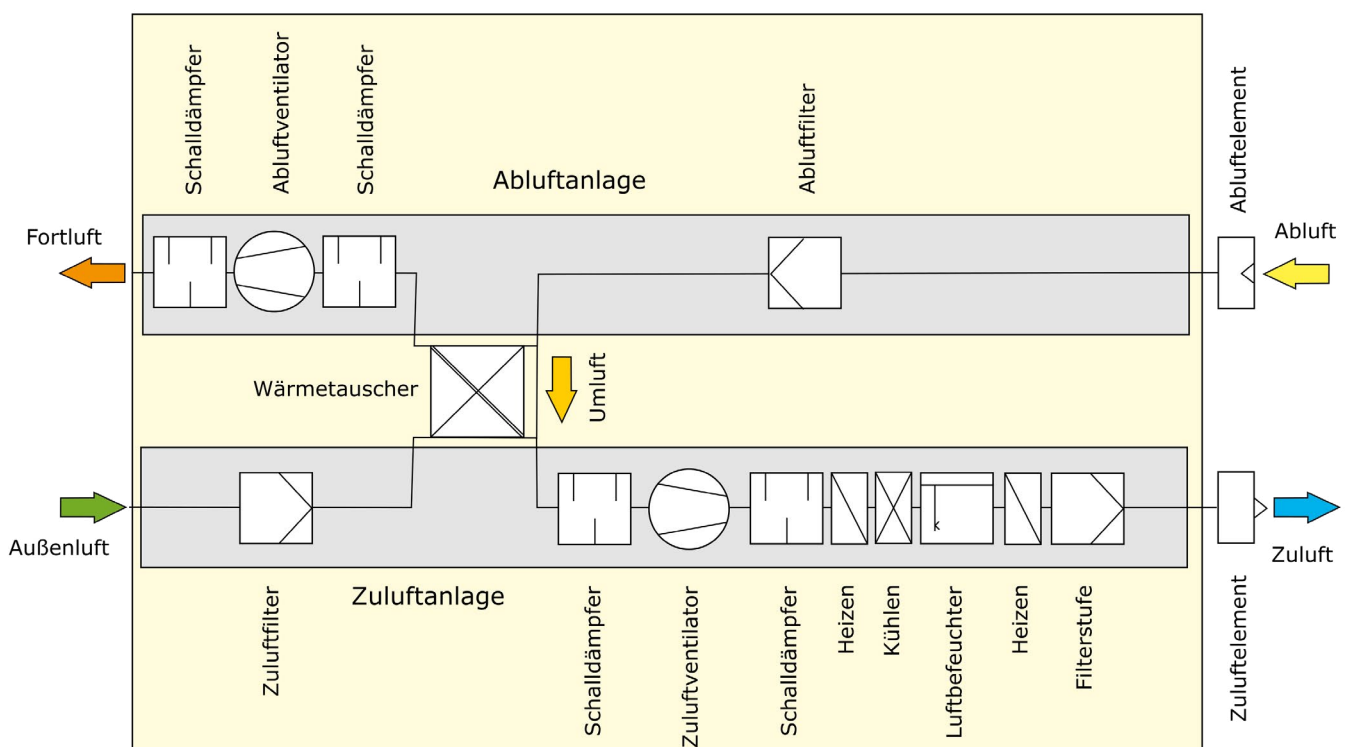


Abb. 18 Prinzip einer „Klimaanlage“ (hauptsächlich dargestellt: Klimazentrale)

F Klimageräte (Splitgeräte)

Die Heizung und die Kühlung (Abfuhr der thermischen Lasten eines Raumes) kann aber auch durch in den Raum eingebaute, dezentrale Klimageräte (sog. Split-Geräte, reine Umluftführung im Raum) erfolgen. Diese Splitgeräte gibt es für die Montage in abgehängte Zwischendecken (Abbildung 19) und auch für die direkte Decken- oder Wandmontage. Sie bewirken eine Temperierung der Luft mittels Wärmetauscher im Raum.

Meist außerhalb des Gebäudes müssen dann aber zusätzlich sog. Kaltwassersätze (oder andere technische Lösungen, z. B. Wärmepumpen) installiert werden. Von dort aus müssen Wasserrohrleitungen zu den einzelnen Splitgeräten verlegt werden, so dass das gekühlte Wasser als Wärmeträger zwischen Kaltwassersatz und Splitgeräten dient. Diese Wasserrohre haben einen wesentlich geringeren Platzbedarf im Gebäude als die Luftkanäle von zentralen Klimaanlage. Wegen der höheren Wärmekapazität des Wassers gegenüber Luft werden dennoch ähnlich große Wärmemengen transportiert. Nachteilig bei den Splitgeräten ist, dass sich im Kühlbetrieb aus der gekühlten Raumluft Kondenswasser am Wärmetauscher der Splitgeräte bildet, das aufgefangen oder abgeleitet werden muss. Daraus ergeben sich zusätzliche hygienische Anforderungen bei der Wartung dieser Geräte.

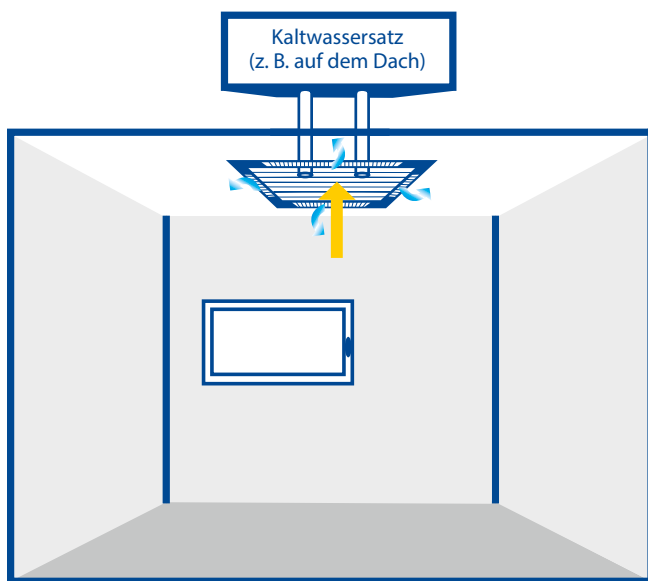


Abb. 19 Splitgerät als Umluftkühlgerät in der Zwischendecke

G Deckenstrahlplatten

Deckenstrahlplatten werden mit Heizwasser durchströmt und unter der Hallendecke montiert (Abbildung 20). Unter der Hallendecke findet keine Verbrennung von Brennstoffen statt, die Hallenluftqualität wird dadurch nicht verschlechtert und unter der Decke muss auch niemand die Abgaswerte jährlich überprüfen. Nach oben sind die Deckenstrahlplatten gedämmt, damit die Wärme hauptsächlich nach unten strahlt. Dies funktioniert mit heißem Wasser zum Heizen wie auch mit „kaltem Wasser“ (z. B. 16 °C) zum Kühlen. Im Kühlbetrieb besteht die Gefahr der Kondenswasserbildung. Die Deckenstrahlplatten selbst tragen nicht zur Staubbildung bei und wirbeln auch keinen Staub in der Halle auf. Aber wenn in der Halle Staub vorhanden ist, kann sich dieser auf der Oberseite der Deckenstrahlplatten ablagern. Sollten sich dickere Staubablagerungen bilden, sollten diese von den Deckenstrahlplatten regelmäßig entfernt werden.

Die Heizwasservorlauftemperatur kann je nach Deckenhöhe bei ca. 30–75 °C liegen. Eine einzelne Platte kann bis zu 8 m lang sein und bis zu 100 kW Wärmeleistung in die Halle einbringen. Deckenstrahlplatten sind ideal zur großflächigen Beheizung und ggf. auch zur Kühlung von Räumen und Hallen mit einer Höhe von 3–30 m.

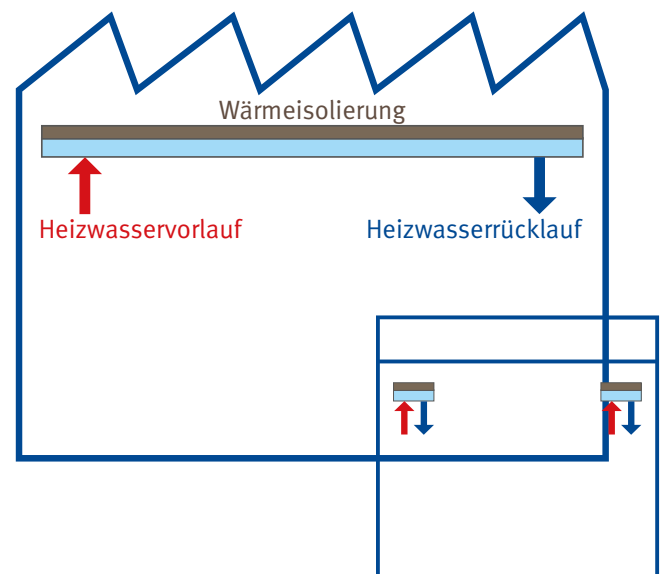


Abb. 20 Prinzipskizze für die Funktion von Deckenstrahlplatten

Zu H und I Allgemeines zu Flächenheiz- und Kühlsystemen, Betonkernaktivierung

Werden die raumumschließenden Flächen, also Fußböden, Wände und Decke, ganz oder teilweise auf Temperaturen unterhalb oder oberhalb der Raumtemperatur gebracht und gehalten, spricht man von Flächenheiz- und -kühlsystemen. Die Temperierung der großen raumumschließenden Flächen erfolgt durch geschlossene Wasser-

kreisläufe. Auch die Betonkernaktivierung funktioniert ähnlich (mehr zum Aufbau siehe H und I). Aufgrund der Systemtemperaturen („relativ niedrige“ Vorlauftemperaturen zum Heizen, z. B. 30 °C und „relativ hohe“ Vorlauftemperaturen zum Kühlen, z. B. 16 °C) von Flächenheiz- und -kühlsystemen können auch umweltfreundliche, natürliche Ressourcen wie Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser genutzt werden. Dies ermöglicht die Wärmepumpentechnik, die nur wenig Strom benötigt und die Wärme aus der Umwelt zum Heizen und Kühlen nutzbar macht.

Prinzipskizze, viele notwendige Details werden nicht dargestellt. Erdkollektor, Oberflächengewässer oder Brunnen können alternativ, nicht additiv zum Einsatz kommen.

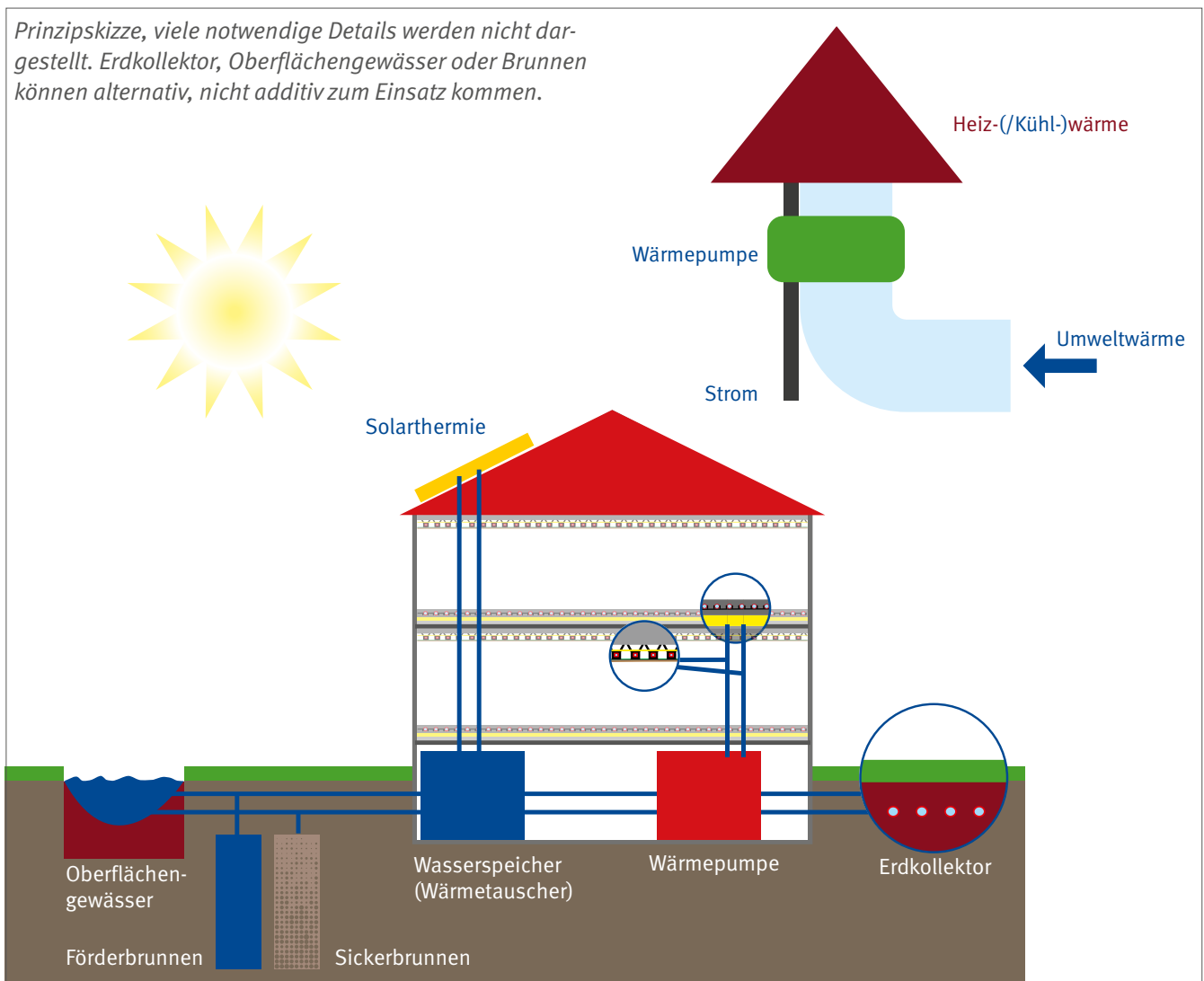


Abb. 21 Prinzipskizze zur Veranschaulichung der Nutzungsmöglichkeiten von Wärmeenergie aus der Umwelt mithilfe von Wärmepumpen

H Flächenheizung und -kühlung

Flächenheizungen sind eine Art Niedertemperatur-Strahlungsheizung, die ihre Wärme großflächig abgeben. Aus wärmephysiologischen Gründen bleiben die Oberflächentemperaturen in niedrigen Bereichen, d. h. unter 30 °C oder in Einzelfällen auch bis äußerstenfalls 40 °C im Heizbetrieb. Diese Wärmeabgabe erfolgt dabei überwiegend durch Strahlung und weniger durch Konvektion. Als Heizmittel dient vorzugsweise Warmwasser. In Räumen mit einer Flächenheizung kann die Lufttemperatur bei gleicher Behaglichkeit um 2–3 °C niedriger sein, als in Räumen mit herkömmlichen Konvektions- bzw. Luftheizungen.

Dieselbe Technik über die temperierten Raumflächen mithilfe von wasserdurchflossenen Rohren kann auch zur Raumkühlung genutzt werden. Dazu werden bei Fußbodenheiz- und Kühlsystemen Rohre in den Nass- oder Trockenstrich verlegt. Bei Wand- und Deckenheiz- und -kühlsystemen können die wasserführenden Rohre ebenso in Nassputzsysteme oder Trockenbausysteme eingebaut werden. Deckenheiz- und Kühlsysteme gibt es zu-

sätzlich als Systeme für abgehängte Decken oder auch architektonisch ansprechend als Heiz- und Kühlsegel. Dabei sind Wasservorlauftemperaturen im Kühlbetrieb von nur 14–19 °C üblich. Die Regelungstechnik zur Raumtemperaturregelung muss dann auch für den Kühlbetrieb geeignet sein. Diese sollte auch sicherstellen, dass an keiner Stelle und zu keinem Zeitpunkt der Taupunkt unterschritten wird, damit Feuchteschäden durch Kondenswasser vermieden werden.

Die Luftbewegung im Raum wird von der Flächenheizung und -kühlung nicht beeinflusst, so dass Staubaufwirbelungen vermieden werden. Durch die gleichmäßige Erwärmung des Raumes ohne Luftbewegung kommt es nicht zu Zuglufterscheinungen. Eine freie Lüftung über Fenster oder Dacheinbauten zur Sicherstellung eines Luftaustausches mit Außenluft ist problemlos möglich. Die Flächenheiz- und -kühlsysteme haben sich als Großraumtemperierung in Form von Industriefußbodenheiz- und -kühlsystemen für z. B. Fabrik-, Lager- und Flugzeughallen bewährt (Abbildung 23). Wand- oder Deckenheiz- und Kühlsysteme sind meist unpraktikabel für Industriehallen.

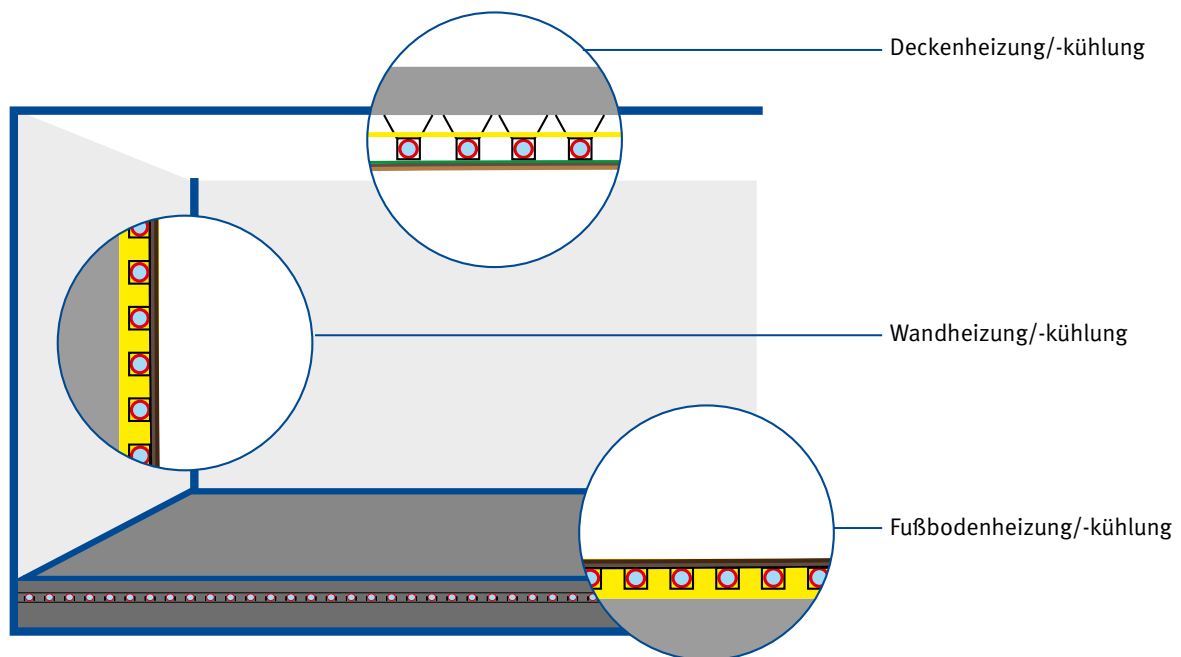


Abb. 22 Prinzipskizze zu Flächenheiz- und -kühlsystemen

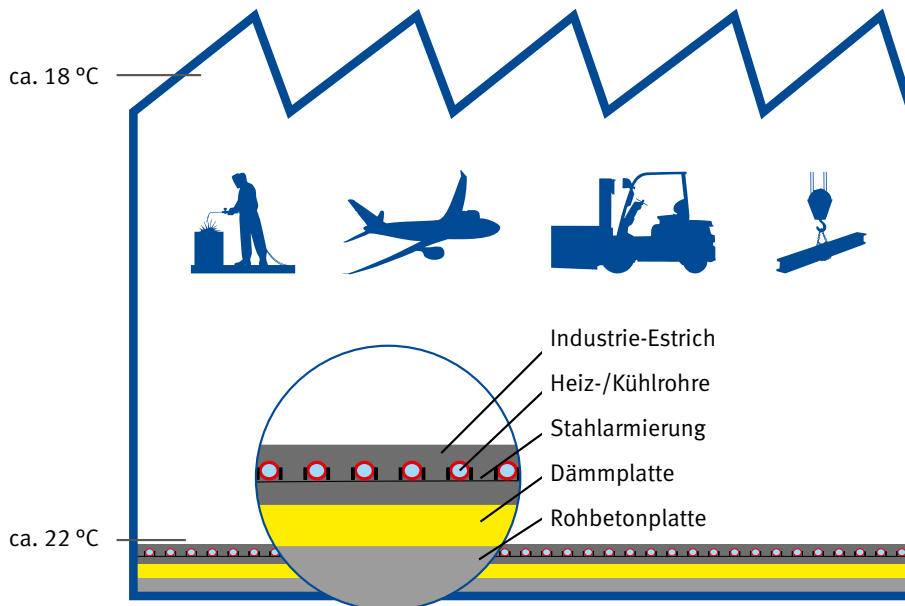


Abb. 23 Prinzipskizze zur Industriefußbodenheizung (als Beispiel einer temperierten raumschließenden Fläche)

I Betonkernaktivierung

Die Betonkernaktivierung wird vermehrt bei großen Bauobjekten in Sichtbetonbauweise eingesetzt. Um die Betonkernaktivierung nutzen zu können, muss schon in der Planungsphase klar sein, dass die Betonplatten des

Bauwerks nicht großflächig mit Verkleidungen oder Zwischendecken oder Zwischenwänden versehen werden dürfen, so dass die glatten Betonflächen sichtbar bleiben (Sichtbeton). Die Heiz-/Kühlrohre, durch die im Betrieb das temperierte Wasser fließen soll, müssen schon bei der Herstellung der Betonplatten mit eingegossen werden (Abbildung 24). So können dann die im Bauwerk befindlichen Betonplatten temperiert werden. Durch die große Betonmasse reagiert die Betonkernaktivierung sehr träge. Häufig wird deshalb im Kühlbetrieb nachts der Beton abgekühlt und im Laufe des Arbeitstages heizt sich das Gebäude auch innen wieder leicht auf.

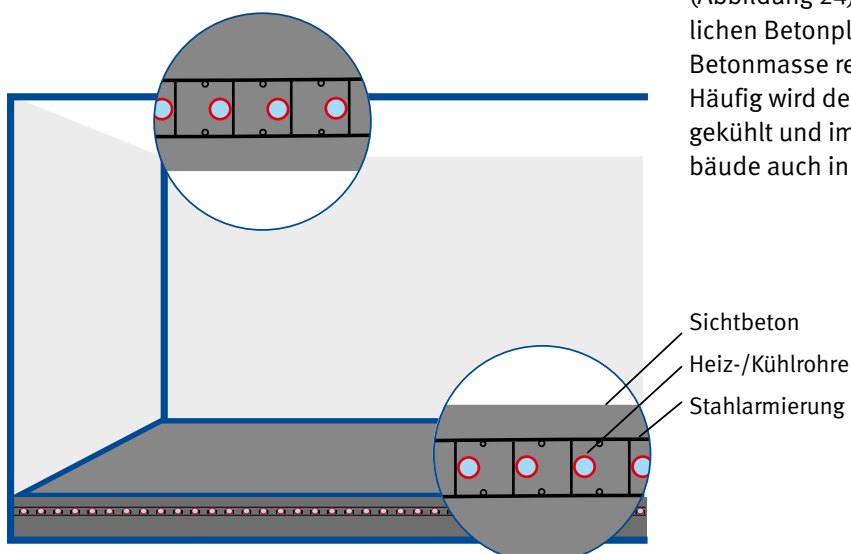


Abb. 24 Prinzipskizze zur „Betonkernaktivierung“

Anhang 2

Fragebogen zur Bewertung des Klimas in Industriehallen

Der Fragebogen ist eine Hilfestellung zur Beurteilung des Raumklimas in Industriehallen. Falls eine oder mehrere Fragen mit „Ja“ beantwortet werden, können die beispielhaft aufgeführten Maßnahmen durchgeführt werden. Reichen diese nicht aus, sind weitergehende Untersuchungen durch Fachleute (Raumklimaanalyse) durchzuführen.

Lufttemperatur

Die Lufttemperatur liegt zwischen 18 °C und 20 °C, gelegentlich auch bis 26 °C und wird von den Beschäftigten als behaglich empfunden.

Trifft zu \rightarrow in Ordnung (weiter: Sonneneinstrahlung)

Trifft nicht zu \rightarrow siehe nachfolgende Fragen!

1. Liegt die Lufttemperatur in der Halle unter 26 °C und empfinden die Beschäftigten diese als zu warm?

Ja

Maßnahmen:

- ausreichende Lüftung vorzugsweise über Fenster, Oberlichter und Dachreiter
- Einstellung der Heizung oder der raumluftechnischen Anlage prüfen
- geeignete Sonnenschutzvorrichtungen an Fenstern und Oberlichtern installieren
- Benutzung von geeigneten Sonnenschutzvorrichtungen, möglichst außenliegend
- prüfen, ob Geräte mit geringerer elektrischer Leistung eingesetzt werden können
- prüfen, ob Abwärme von Prozessen oder Maschinen durch Kühlung woanders zur Erwärmung sinnvoll genutzt werden kann

Nein

2. Liegt bei Außenlufttemperaturen unter 26 °C, aber dennoch die Lufttemperatur in der Halle häufig über 26 °C ?

Ja

Maßnahmen:

- Einstellung der raumluftechnischen Anlage
- geeignete Sonnenschutzvorrichtungen an Fenstern und Oberlichtern einsetzen
- prüfen, ob Geräte mit geringerer elektrischer Leistung eingesetzt werden können
- prüfen, ob warme oder heiße Maschinenoberflächen besser gedämmt werden können
- prüfen ob heiße Abluft direkt nach außen geführt werden kann

Weitergehende Untersuchungen:

Fachleute hinzuziehen, um zu prüfen, ob

- der Austausch von Fenstern
- der Einsatz von technischen Geräten zur Kühlung
- bautechnische Veränderungen im Raum oder am Gebäude oder andere Maßnahmen sinnvoll sind, um die Lufttemperatur nachhaltig zu senken.

Nein

Lufttemperatur

3. Liegt bei Außenlufttemperaturen über 26 °C die Lufttemperatur in der Halle auch über 26 °C ?

Ja

Nein

Maßnahmen: (siehe auch Abschnitt 4):

- Einstellung der raumlufttechnischen Anlage
- verstärkte Nachtlüftung
- Fenster und Sonnenschutzvorrichtungen schon morgens schließen und Lamellen mit Sonnenstand mitführen
- nur erforderliche elektrische Geräte in Betrieb nehmen
- verstärkte Luftbewegung, z. B. Ventilatoren
- nach Möglichkeit Arbeitszeitverschiebung
- geeignete Getränke zur Verfügung stellen
- Lockerung der Bekleidungsordnung (gilt nicht für notwendige Schutzkleidung oder PSA)

4. Werden die Mindestlufttemperaturen (12 °C Stehen/Gehen und schwere körperliche Arbeit; bei mittelschwerer körperlicher Arbeit 17 °C Stehen/Gehen oder 19 °C im Sitzen; bei leichter Arbeitsschwere 19 °C Stehen/Gehen oder 20 °C im Sitzen) unterschritten?

Ja

Nein

Maßnahmen:

- Einstellung der Heizung oder der raumlufttechnischen Anlage
- Weitergehende Untersuchungen:
- Fachleute hinzuziehen, um zu prüfen, ob
- der Austausch von Fenstern,
- der Einsatz von technischen Geräten zur Heizung
- bautechnische Veränderungen im Raum oder am Gebäude, oder andere Maßnahmen sinnvoll sind, um die Lufttemperatur dauerhaft zu erhöhen (z. B. geeignete Heizsysteme, Wärmedämmung).

5. Wird die Lufttemperatur im Kopf- und Fußbereich, bzw. innerhalb der Halle unterschiedlich empfunden?

Ja

Nein

Weitergehende Untersuchungen:

- Fachleute hinzuziehen, um zu prüfen, ob die horizontalen und vertikalen Luft- und Oberflächentemperaturunterschiede zu groß sind
- Betriebsarzt bzw. Betriebsärztin hinzuziehen

Sonneneinstrahlung

6. Tritt für die Beschäftigten unangenehme Sonneneinstrahlung auf?

Ja

Nein

Maßnahmen:

Benutzung der Sonnenschutzvorrichtungen
geeignete Sonnenschutzvorrichtungen an Fenstern und Oberlichtern installieren

Luftfeuchte

Die Beschäftigten äußern keine Beschwerden hinsichtlich zu trockener oder zu feuchter Luft.

Trifft zu → in Ordnung (weiter: Sonneneinstrahlung)

Trifft nicht zu → siehe nachfolgende Fragen!

7. Tritt an Raumbegrenzungsflächen (Wände, Decken) Feuchtebildung (Tauwasser) auf?

Ja

Nein

Maßnahmen:

- Reduzierung der internen Feuchtelasten (z. B. Absaugung und Fortluftführung von Emissionen wasser-mischbarer Kühlschmierstoffe)
- ausreichende Lüftung vorzugsweise über Fenster
- Raumluftechnischen Anlage entsprechend einstellen, gegebenenfalls prüfen und instandsetzen
- Überprüfung der Gebäudehülle durch Bausachverständige (z. B. Wärmebrücken, evtl. besser dämmen)

8. Äußern die Beschäftigten Beschwerden hinsichtlich trockener Luft? *

Ja

Nein

Maßnahmen:

- Betriebsärztin oder -arzt hinzuziehen
- ggf. Beschäftigte auf ausreichendes Trinken hinweisen
- sofern Luftbefeuchter eingesetzt werden sollen, geeignete Luftbefeuchter auswählen, z. B. mit DGUV Test (Prüf- und Zertifizierungssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung)
- siehe auch Fragen 11 bis 15 in Kapitel 3

Luftgeschwindigkeit

9. Klagen die Beschäftigten über Zugluft?

Ja

Nein

Maßnahmen:

- Verringerung oder Vermeidung von Zugluft, z. B. offene Fenster, Türen und Tore schließen, turbulenzarme Luftführung
- Raumluftechnische Anlagen entsprechend einstellen, gegebenenfalls prüfen und instandsetzen
- Arbeitsplatz aus dem Zugluftbereich versetzen
- Verwendung von Blenden zum örtlichen Schutz vor Zugluft oder Luftschleieranlagen installieren

Weitergehende Untersuchungen:

- Fachleute hinzuziehen, um zu prüfen, ob
- der Austausch von Fenstern,
- bautechnische Veränderungen im Raum oder am Gebäude, oder andere Maßnahmen sinnvoll sind, um die Zugluft nachhaltig zu vermeiden.

* In den Wintermonaten / der Heizperiode kann es auch zu Werten der relativen Luftfeuchte von weniger als 30 % kommen. Dies muss nicht negativ bewertet werden, weil trockene Luft im Allgemeinen nicht zu gesundheitlichen Problemen führt. Jedoch sind Sekundäreffekte wie statische Aufladung oder das längere Verweilen von Staub in der Luft möglich. Eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr ist wichtig für die Gesunderhaltung und das persönliche Wohlbefinden. Dadurch wird auch die natürliche Regulation der Schleimhautbefeuchtung unterstützt.

Luftqualität

10. Wird die Luft im Arbeitsraum als schlecht oder stickig empfunden?

 Ja**Maßnahmen:** (siehe Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 Lüftung):

- Fensterlüftung (Stoßlüftung, z. B. stündlich, oder kontinuierliche Lüftung je nach Fensteröffnung) oder
- Raumluftechnische Anlage

Weitergehende Untersuchungen:

- Sind die anwesenden Personen die bestimmende Ursache für Stofflasten im Raum, ist die CO₂-Konzentration ein anerkanntes Maß für die Bewertung der Luftqualität (bis 1000 ppm keine Maßnahmen notwendig, 1000 – 2000 ppm Lüftung verbessern, > 2000 ppm weitergehende Maßnahmen notwendig)
- Sind Prozesse die bestimmende Ursache für Stoff- oder Wärmelasten im Raum / in der Halle, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu analysieren, inwiefern die Stoff- und Wärmelasten möglichst vermieden oder gekapselt werden können oder möglichst nah an der Entstehungsstelle erfasst und gefahrlos aus dem Arbeitsbereich entfernt werden können (z. B. durch geeignete Absauganlage)

 Nein

Literaturverzeichnis

1 Gesetze, Verordnungen

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“ (Juni 2010)
 - ASR A3.6 „Lüftung“ (Januar 2012)
- Gefahrstoffverordnung, mit dazugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)

2 Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) e.V. unter www.dguv.de/publikationen

Regeln

- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“

Informationen

- DGUV Information 213-002 „Hitzearbeit – Erkennen, beurteilen, schützen“
- DGUV Information 213-022 „Beurteilung von Hitzearbeit – Eine Handlungshilfe für kleine und mittlere Betriebe“
- DGUV Information 215-210 „Beurteilung des Raumklimas – Handlungshilfe für kleine und mittlere Unternehmen“
- DGUV Information 215-444 „Sonnenschutz im Büro – Hilfen für die Auswahl von geeigneten Blend- und Wärmeschutzvorrichtungen an Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen“
- DGUV Information 215-520 „Klima im Büro – Antworten auf die häufigsten Fragen“
- DGUV Information 240-300 „Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G30 – Hitzearbeiten“

3 VDI-Richtlinien

Bezugsquelle:

VDI-Verlag, VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf

- VDI 6022 Blatt 1: 2018-01 Raumluftechnik, Raumluftqualität – Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte (VDI Lüftungsregeln)
- VDI 6022 Blatt 6: 2018-01 Raumluftechnik, Raumluftqualität – Luftbefeuchtung über dezentrale Geräte – Hygiene in Planung, Bau, Betrieb und Instandsetzung
- VDI 2262: „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“ Blätter 1 bis 4 (von März 2006 – Juni 2013) (insbes. Blatt 3)

4 Reports, Studien, Bekanntmachungen

- BGIA-Report 1/2005: Lüftung in Industriehallen
- DGUV Report „Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld“
online unter www.dguv.de Webcode d6274
- Fachbereich AKTUELL FBVW-501 „Niedrige Luftfeuchte am Arbeitsplatz“
- Onlineportal Luftbefeuchtung der BG ETEM (luftbefeuchtung.bgetem.de)
- „Grundlagen zum Raumklima und zur Raumluftechnik“ (BG ETEM Broschüre S 042)
- „Klima-Dossier“ auf der Homepage der BAuA (www.baua.de) mit Hinweisen zu Hitze- und Kältearbeitsplätzen
- Fachbereich AKTUELL FBVW-502 „SARS-CoV-2: Empfehlungen zum Lüftungsverhalten an Innenraumarbeitsplätzen“
- Fachbereich AKTUELL FBHM-114 „Möglichkeiten zur Bewertung der Lüftung anhand der CO₂-Konzentration“
- Fachveröffentlichung der BAuA „Infektionsschutzgerechtes Lüften“

**Berufsgenossenschaft
Holz und Metall**

Isaac-Fulda-Allee 18
55124 Mainz

Internet: www.bghm.de