



Grundlagen zum Raumklima und zur Raumluftechnik

Inhalt

Bildnachweis

Titel	photography33/fotosearch
Seite 1	JackNess/Fotolia
Seite 2	goodluz/Fotolia
Seite 3	weseetheworld/Fotolia
Seite 4	contrastwerkstatt/Fotolia
Seite 5	Stanford Lone/Fotolia
Seite 6	Vitaly Korovin/Fotolia
Seite 7	l.: Monkey Business Images/ Dreamstime r: Robert Kneschke/Shutterstock.com
Seite 8	contrastwerkstatt/Fotolia
Seite 9	BG ETEM
Seite 11	o. l.: Bokica/Fotolia, o. m.: imagewell10/ Fotolia, o. r.: Monkey Business Images/ Dreamstime, u.: BG ETEM
Seite 12–14	BG ETEM
Seite 15	Ruslan Solntsev/Fotolia
Seite 17–18	BG ETEM
Seite 19	Joerg Sabel/Fotolia
Seite 20	BG ETEM
Seite 21	u. l.: Draabe Industrietechnik GmbH u. r.: BG ETEM
Seite 22–23	BG ETEM
Seite 25	o.: 000019352813/iStock u.: BG ETEM
Seite 26–29	BG ETEM
Seite 30	u. l. BG ETEM, u. r.: elen31/Fotolia
Seite 31	BG ETEM

1	Raumklima	2
1.1	Einflussfaktoren auf das Raumklima	3
1.1.1	Raumtemperatur	3
1.1.2	Lufttemperatur	4
1.1.3	Wärmestrahlung	4
1.1.4	Luftfeuchtigkeit	6
1.1.5	Luftgeschwindigkeit	7
1.1.6	Auswirkungen des Raumklimas auf die Beschäftigten	7
2	Beurteilung des Raumklimas	8
2.1	Behaglichkeitsbereich	8
2.2	Beurteilung des Behaglichkeitsbereiches	8
2.3	Messung der Klimaparameter	12
2.3.1	Messung der Lufttemperatur	12
2.3.2	Messung der Strahlungstemperatur	12
2.3.3	Messung der Luftfeuchtigkeit	13
2.3.4	Messung der Luftgeschwindigkeit	13
3	Grundlagen der Lüftung	14
3.1	Freie Lüftung	14
3.2	Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen)	14
3.3	Einteilung und Funktionsweise von RLT-Anlagen	15
4	Bauelemente von RLT-Anlagen	18
4.1	Außenluftansaugöffnung	18
4.2	Luftfilter	19
4.3	Lufterhitzer	20
4.4	Luftkühler	21
4.5	Luftbefeuchter	21
4.6	Luftleitungen	22
4.7	Luftdurchlässe	23
4.8	Luftführung	24
5	Abnahmeprüfung von RLT-Anlagen	25
6	Hygienischer Betrieb von RLT-Anlagen	26
6.1	Instandhaltung von RLT-Anlagen	26
6.1.1	Luftleitungen	27
6.1.2	Luftfilter	28
6.1.3	Luftbefeuchter	28
6.2	Dokumentation	29
6.3	Qualifikation und Schulung des Personals	30
6.4	Arbeitsschutzmaßnahmen	31
	Literaturhinweise	32

Vorwort

Wohlbefinden, Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten am Arbeitsplatz werden u. a. durch das Raumklima beeinflusst. Deshalb ist es aus gesundheitlichen und ökonomischen Gründen wichtig, am Arbeitsplatz ein zuträgliches Raumklima sicherzustellen.

Erfahrungen der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) zeigen, dass in den vergangenen Jahren zum Thema Raumklima ein erhöhter Beratungsbedarf besteht. Klagen über Mängel an der Raumluftqualität und über das Raumklima werden vermehrt verzeichnet.

Das Raumklima in Arbeitsräumen wird einerseits durch freie (natürliche) Lüftung bestimmt und ist somit u. a. vom Wetter abhängig. Andererseits erfordern bestimmte Arbeitsverfahren oder Fertigungsprozesse in Arbeitsräumen raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen), die ein erforderliches Raumklima gewährleisten.

In Mitgliedsbetrieben der BG ETEM kommen RLT-Anlagen in unterschiedlichsten Branchen zum Einsatz. Für einen zuverlässigen

und dauerhaften Betrieb der RLT-Anlagen muss bereits bei der Planung dieser Anlagen darauf geachtet werden, dass die Instandhaltung (Wartung/Reinigung/Instandsetzung) gefahrlos und sicher durchgeführt werden kann.

Mangelhafte Instandhaltung kann sich nicht nur ungünstig auf das Raumklima auswirken, sondern auch Erkrankungen auslösen. Erhöhungen der Betriebskosten sind häufig die Folge. Deshalb wird empfohlen, bei der Planung, der Errichtung und bei der Instandhaltung Fachleute bzw. Fachfirmen einzusetzen, die sich im einschlägigen Regelwerk auskennen und über entsprechende Fachkenntnisse verfügen.

Die vorliegende Broschüre soll Unternehmern, Führungskräften, Sicherheitsfachkräften sowie sonstigen am Arbeitsschutz Beteiligten einen Einstieg zum Raumklima aber auch zur Raumlufttechnik geben, wobei sich die Ausführungen auf den Behaglichkeitsbereich beschränken. Die Klimabereiche „Kälte“ und „Hitze“ sind nicht Gegenstand dieser Broschüre.

„Gute
Luft durch gute
Instandhaltung“ – dies
gilt besonders beim
Einsatz raumlufttech-
nischer Anlagen.



Raumklima



Ob Beschäftigte sich wohl fühlen, d. h. thermische Behaglichkeit empfinden, hängt in hohem Maße vom Raumklima am Arbeitsplatz ab. Thermische Behaglichkeit ist gegeben, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als angenehm empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht.

Die Grundvoraussetzungen für thermische Behaglichkeit in Arbeitsräumen sind teilweise im staatlichen Regelwerk festgelegt. So werden Anforderungen an das Raumklima u. a. in der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) sowie in der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.5 „Raumtemperatur“ beschrieben. Da sich jedoch Beschäftigte in ihrer individuellen Befindlichkeit stark voneinander unterscheiden, ist es oft schwierig, thermische Behaglichkeit für einen größeren Personenkreis zu erreichen.

Sofern das Raumklima durch natürliche Lüftung, z. B. über Fensterlüftung bestimmt wird, ist dieses von der Anzahl und Ausrichtung der Fenster sowie von der Außenumgebung, dem Wetter und der Jahreszeit abhängig. Dadurch kommt es z. B. im Sommer durch Sonneneinstrahlung zum Aufheizen der Räume.

In Arbeitsräumen ohne Fenster oder Oberlichter, die geöffnet werden können, sind raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) erforderlich. Diese Anlagen haben einen Einfluss auf das Raumklima, insbesondere dann, wenn mit derartigen Anlagen auch das Heizen oder Kühlen oder eine Befeuchtung des Raumes vorgesehen ist.

Neben den zuvor genannten Einflussfaktoren auf das Raumklima und damit auf die thermische Behaglichkeit spielt auch die Luftqualität, d. h. die in der Luft enthaltenen Stofflasten, eine wichtige Rolle für das Behaglichkeitsempfinden der Beschäftigten.

Stofflasten können allein schon durch die Anwesenheit von Menschen entstehen (Emissionen von CO₂ und Geruchsstoffen) oder durch Emissionen aus Bauprodukten, aber auch durch Einrichtungsgegenstände oder durch Bürogeräte. Außerdem kann belastete Luft aus anderen Räumen oder Bereichen (z. B. aus Tätigkeiten mit Gefahrstoffen oder biologischen Arbeitsstoffen), von außen oder aus einer schlecht gewarteten RLT-Anlage in den Arbeitsraum eindringen.

Eine gewisse Menge von Schadstoffen gelangt also von außen in ein Gebäude und zusätzlich werden sie im Innenraum freigesetzt. Schadstoffe sind in Räumen, in denen Menschen leben und arbeiten, schlichtweg unvermeidlich. Daher kommt es auf den Schadstoffgehalt an. Je geringer der Schadstoffgehalt und je verträglicher das Raumklima insgesamt, desto angenehmer und effizienter lassen sich Räume nutzen und umso eher ist die Behaglichkeit der Beschäftigten zu erreichen.

Die zuvor genannten Stofflasten können gesundheitsschädlich wirken, haben aber keinen Einfluss auf das Raumklima. In dieser Broschüre werden sie deshalb nicht behandelt.

Ob Beschäftigte sich wohl fühlen, hängt in hohem Maße vom Raumklima an ihrem Arbeitsplatz ab.



1.1 Einflussfaktoren auf das Raumklima

Das Raumklima wird durch unterschiedliche Einflussfaktoren bestimmt. Neben dem meteorologischen Klima (Wetter) sind dies:

- Bauphysik, Raumgröße, Wand- und Deckenkonstruktion, Bodenbeläge sowie Größe und Ausrichtung der Fenster
- Einrichtungen wie Anlagen, Maschinen und Geräte
- Raumheizung, Raumkühlung sowie der Betrieb von RLT-Anlagen
- Anzahl und Aufenthaltsdauer der Beschäftigten.

Diese Einflussfaktoren werden durch die Klimaparameter Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit und Strahlungstemperatur/Wärmestrahlung bestimmt und sind in Abb.1 dargestellt.

Der Mensch selbst trägt durch seine Aktivität und der Aufenthaltsdauer im Arbeitsraum zum Raumklima bei. Dort wo viele Menschen auf engem Raum zusammenarbeiten steigen CO₂-Konzentration und Raumtemperatur.

1.1.1 Raumtemperatur

Die Raumtemperatur ist die vom Beschäftigten empfundene Temperatur. Sie wird u. a. durch die Lufttemperatur und die Oberflächentemperaturen der Umgebungsflächen (insbesondere Fenster, Wände, Decke, Fußboden) bestimmt. Nach der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.5 „Raumtemperatur“ liegt eine gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur vor, wenn die Wärmebilanz (Wärmeeinzug, Wärmeezeugung und Wärmeabgabe) des menschlichen Körpers ausgeglichen ist. Die Wärmeezeugung des Körpers ist abhängig von der Arbeitsschwere. Die Wärmeabgabe ist abhängig von der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Luftgeschwindigkeit und der Wärmestrahlung und wird zudem durch die Bekleidung beeinflusst.

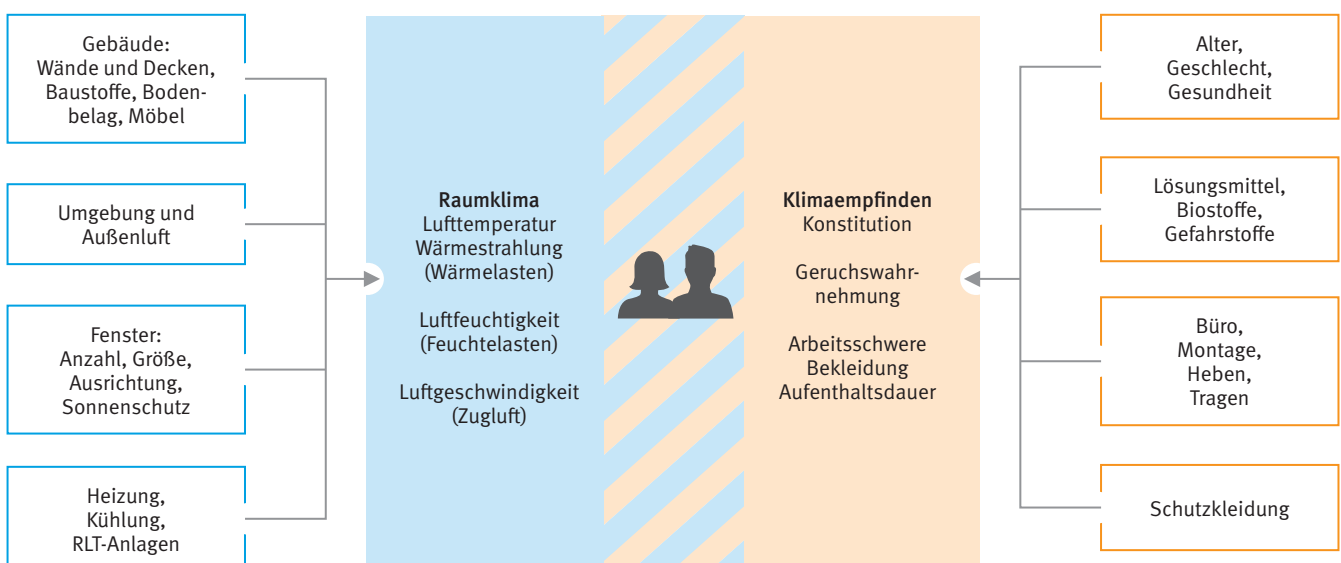


Abbildung 1: Einflussfaktoren auf das Raumklima und das Klimaempfinden

1.1.2 Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist die Temperatur der Umgebungsluft ohne Einwirkung der Wärmestrahlung. Sie ist ganz entscheidend für das Wohlbefinden. Das hängt damit zusammen, dass der Mensch ein gleichwarmes Lebewesen ist. Seine Körpertemperatur liegt ziemlich konstant bei 37 °C. Da der Mensch größere Abweichungen von diesem Wert nicht überleben kann, verfügt er über ein Regulationssystem. So wird beim Schwitzen dem Körper Wärme durch Verdunstung entzogen. Die Haut wird vermehrt durchblutet und das Blut verstärkt an die Körperoberfläche geleitet und so Wärme an die Umgebung abgegeben. Dieser Wärmeaustausch funktioniert aber nur dann, wenn die Lufttemperatur niedriger ist als die Körpertemperatur.

In Arbeitsräumen soll die Lufttemperatur in Abhängigkeit von der Arbeitsschwere und Körperhaltung als Untergrenze mindestens den Werten in Tabelle 1 entsprechen, wobei diese Lufttemperatur während der gesamten Arbeitszeit zu gewährleisten ist.

Überwiegende Körperhaltung	Arbeitsschwere		
	leicht	mittel	schwer
Sitzen	+ 20 °C	+ 19 °C	–
Gehen	+ 19 °C	+ 17 °C	+ 12 °C

Tabelle 1: Mindestwerte für die Lufttemperatur in Arbeitsräumen

Quelle: Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.5 „Raumtemperatur“

Leichte Arbeitsschwere entspricht leichter Hand-/Armarbeit bei ruhigem Sitzen oder stehende Tätigkeiten verbunden mit gelegentlichem Gehen. Mittelschwere Hand-/Arm- oder Beinarbeit im Sitzen, Gehen oder Stehen wird als mittlere Arbeitsschwere und schwere Hand-/Arm- und Bein- und Rumpfarbeit im Gehen oder Stehen wird als schwere Arbeitsschwere bezeichnet.

1.1.3 Wärmestrahlung

Die Wärmestrahlung kann bei behaglicher Lufttemperatur einen erheblichen Einfluss auf das Klimaempfinden haben. So wirken z. B. kalte Wände ungemütlich, da dem Körper durch Abstrahlung Wärme entzogen wird. Als Kenngröße zur Charakterisierung der Strahlungsbedingungen in Räumen hat sich die „mittlere Strahlungstemperatur“ bewährt.

Die mittlere Strahlungstemperatur entspricht der mittleren Oberflächentemperatur aller Umschließungsflächen eines Raumes. Sie ist ein Maß dafür, wie viel Strahlungswärme vom menschlichen Körper an die Luft und somit an die Umgebungsflächen abgegeben wird. Ist die Oberflächentemperatur der Umgebungsflächen aber höher als die Oberflächentemperatur des Körpers, wird Strahlungswärme aufgenommen.

Da die Umgebungsflächen unterschiedliche Oberflächentemperaturen haben (z. B. kalte Fenster, warme Innenwände), kann durch die Asymmetrie der Strahlungstemperatur lokale thermische Unbehaglichkeit entstehen. Je größer der Temperaturunterschied zwischen den Oberflächen der Umgebungsflächen ist, desto größer ist die lokale thermische Unbehaglichkeit.

Durch die Abgabe der Strahlungswärme an kalte Umgebungsflächen wird dem Körper ein Übermaß an Wärme entzogen, so dass sich Beschäftigte auch bei gesundheitlich zuträglicher Raumtemperatur unbehaglich fühlen. Die Strahlungstemperatur sollte nicht mehr als 2 °C von der Lufttemperatur abweichen.

Führt Sonneneinstrahlung durch Fenster, Oberlichter und Glaswände zu einer Erhöhung der Luft- bzw. Raumtemperatur über 26 °C, sind diese Bauteile mit geeigneten Sonnenschutzsystemen auszurüsten. Mögliche Maßnahmen für Sonnenschutzsysteme nach der ASR A3.5 „Raumtemperatur“ sind:



Grundsätzlich
ist störende direkte
Sonneneinstrahlung
auf den Arbeitsplatz
zu vermeiden.



Sonnenschutzvorrichtung an einem Bürogebäude

- Sonnenschutzvorrichtungen, die das Fenster von außen beschatten (z. B. Jalousien oder hinterlüftete Markisen)
- reflektierende Vorrichtungen im Zwischenraum der Verglasung
- innenliegende hochreflektierende oder helle Sonnenschutzvorrichtungen
- Sonnenschutzverglasungen (innerhalb eines Sonnenschutzsystems, Blendschutz und Lichtfarbe sind zu beachten).
- effektive Steuerung des Sonnenschutzes (z. B. Jalousien auch nach der Arbeitszeit geschlossen halten)
- effektive Steuerung der Lüftungseinrichtungen (z. B. Nachtauskühlung)
- Reduzierung der inneren thermischen Lasten (z. B. elektrische Geräte nur bei Bedarf betreiben)
- Lüftung in den frühen Morgenstunden
- Nutzung von Gleitzeitregelungen zur Arbeitszeitverlagerung
- Lockerung der Bekleidungsregelungen
- Bereitstellung geeigneter Getränke (z. B. Trinkwasser).

Grundsätzlich ist störende direkte Sonneneinstrahlung auf den Arbeitsplatz zu vermeiden.

Bei unzureichender Isolierung von Fassaden und Gebäudeumhüllungen kann Sonneneinstrahlung die Raumtemperatur wesentlich erhöhen und somit das Raumklima beeinträchtigen. Bevor in diesen Arbeitsräumen Kühlgeräte oder -anlagen errichtet werden, sollte zuerst die Isolierung dieser Bauteile nachgebessert werden. Sonnenschutz ist ökonomischer als Kühlgeräte oder Kühler in RLT-Anlagen.

Steigt die Außenlufttemperatur an heißen Tagen im Sommer über 26 °C und sind bereits geeignete Sonnenschutzmaßnahmen eingesetzt, sollen beim Überschreiten einer Lufttemperatur im Raum von 26 °C zusätzliche Maßnahmen entsprechend der folgenden Aufzählung ergriffen werden:

Wird im Raum eine Lufttemperatur von +35 °C überschritten, so ist der Raum für die Zeit der Überschreitung ohne technische Maßnahmen (z. B. Luftduschen, Wasserschleier), organisatorische Maßnahmen (z. B. Entwärmungsphasen) oder persönliche Schutzausrüstungen (z. B. Hitzeschutzbekleidung) nicht als Arbeitsraum geeignet.

1.1.4 Luftfeuchtigkeit

Mit Luftfeuchtigkeit bezeichnet man den Wasserdampfgehalt in der Luft. Die Fähigkeit der Luft Wasserdampf aufzunehmen, nimmt mit steigender Lufttemperatur zu. Je geringer der Wasserdampfgehalt der Luft ist, umso trockener ist diese. Die Luftfeuchtigkeit in Gebäuden wird einerseits durch aktive Einträge von Wasserdampf (z. B. durch Produktionsprozesse, Luftbefeuchtungsanlagen, Zimmerpflanzen) andererseits durch Absorption oder Freisetzung aus Baumaterialien beeinflusst.

Die Luftfeuchtigkeit ist ebenfalls wichtig für den Wärmehaushalt des Körpers. Wärmeenergie kann nur dann durch Verdunstung abgegeben werden, wenn die Luftfeuchtigkeit geringer ist als der Feuchtigkeitsgrad auf der Haut. Ist die Raumluft mit Feuchtigkeit gesättigt, kann sie den Wasserdampf nicht mehr aufnehmen, der bei der Verdunstung des Schweißes entsteht. Die Verdunstung kommt zum Erliegen und der Körper kann keine Wärmeenergie mehr abbauen.

Die Luftfeuchtigkeit kann durch absolute Feuchtemaße wie absolute Luftfeuchte (g/m^3), Taupunkttemperatur ($^{\circ}\text{C}$) und Wasserdampfdruck (hPa) oder als relative Luftfeuchte (%) angegeben werden. Die relative Luftfeuchte ist die verbreitetste Angabe. Sie stellt bei einer gegebenen Lufttemperatur den prozentualen Wasserdampfgehalt der Luft in Vergleich zum maximal möglichen Wasserdampfgehalt dar.

Da warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte Luft, sinkt im Winter die relative Luftfeuchte, sobald kalte Außenluft in den Arbeitsraum gelangt und erwärmt wird. Bei einer Unterschreitung des Taupunktes kondensiert Wasserdampf aus der Luft. Das anfallende Wasser schlägt sich an kalten Oberflächen nie-

der. Derartige feuchte Oberflächen stellen gute Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen dar. Deshalb sollte in der kalten Jahreszeit die relative Luftfeuchte nicht über 50 % ansteigen.

Nach den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ muss die Raumluft normalerweise nicht befeuchtet werden. Für den Fall, dass Beschäftigte Beschwerden im Hinblick auf zu trockene Luft äußern, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob und ggf. welche Maßnahmen zu ergreifen sind.

Praktische Erfahrungen zeigen, dass in Büros oder vergleichbaren Arbeitsräumen eine relative Luftfeuchte zwischen 30 und 70 % als behaglich empfunden wird. Fällt die relative Luftfeuchte über einen längeren Zeitraum unter 30 %, kann als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung eine Luftbefeuchtung erforderlich werden.

Fallen betriebstechnisch oder arbeitsbedingt z. B. durch die Wasserdampfabgabe aus Prozessen Feuchtelasten im Arbeitsraum an, sollen aus physiologischen Gründen die Werte für die relative Luftfeuchte nach Tabelle 2 nicht überschritten werden. Dies gilt jedoch nicht, wenn der Betriebsablauf höhere Luftfeuchtigkeiten erfordert (z. B. in Schwimmbädern).

Lufttemperatur	relative Luftfeuchte
+ 20 $^{\circ}\text{C}$	80 %
+ 22 $^{\circ}\text{C}$	70 %
+ 24 $^{\circ}\text{C}$	62 %
+ 26 $^{\circ}\text{C}$	55 %

Tabelle 2: Maximale relative Luftfeuchte in Arbeitsräumen
Quelle: Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“



1.1.5 Luftgeschwindigkeit

Die Luftgeschwindigkeit beeinflusst den Wärmeaustausch des menschlichen Körpers mit der Umgebungsluft. Je schneller die Luft am Körper vorbeiströmt, umso mehr Wärme kann sie ihm entziehen. Eine zu geringe Luftgeschwindigkeit behindert ähnlich wie eine zu hohe Luftfeuchtigkeit die Verdunstung. Bei hohen Lufttemperaturen wirkt sich das negativ auf den Wärmeabbau aus. Andererseits beeinträchtigt eine zu hohe Luftgeschwindigkeit die Behaglichkeit ganz erheblich.

Das Zugluftempfinden ist vorwiegend von der Lufttemperatur, der mittleren Luftgeschwindigkeit, dem Turbulenzgrad (Maß für die Schwankung der Luftgeschwindigkeit) und der Art der Tätigkeit (d. h. Wärmeerzeugung durch körperliche Arbeit) abhängig.

Luftgeschwindigkeiten zwischen 0,1 und 0,15 m/s werden temperaturabhängig von Beschäftigten als behaglich empfunden. Bei größerer körperlicher Aktivität, anderen Lufttemperaturen oder Turbulenzgraden kann der Wert für die mittlere Luftgeschwindigkeit abweichen. Die Luftgeschwindigkeit ist dann im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten. Ab 26 °C können auch Luftgeschwindigkeiten von 0,2 m/s als angenehm empfunden werden. Höhere Luftgeschwindigkeiten verursachen „Zugluft“. In den Aufenthaltsbereichen darf keine unzumutbare Zugluft auftreten (Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“).

Das Zugluftisiko wird durch den sogenannten Draft-Risk (DR) beschrieben. Hiermit wird ausgedrückt, wie viele Beschäftigte sich in einem Arbeitsraum durch Zugluft belästigt fühlen.

1.1.6 Auswirkungen des Raumklimas auf die Beschäftigten

Häufig wird als Beeinträchtigung der Gesundheit das Gefühl von zu trockener oder reizender Luft genannt. Zu trockene Luft (relative Luftfeuchte kleiner 20 %) kann insbesondere bei gleichzeitigem Vorhandensein von Staub zu Reizungen wie brennende Augen, trockene Atemwege und Kratzen im Hals führen.

Luftsporen von Schimmelpilzen, die beispielsweise durch hygienische Mängel in die Atemluft am Arbeitsplatz gelangen, können unspezifische Reizungen wie Augentränen, Nies- und Hustenreiz aber auch Allergien auslösen. Auch mangelhaft gewartete RLT-Anlagen können gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorrufen.

Im Zusammenhang mit schlecht gewarteten RLT-Anlagen können z. B. im Produktionsbereich oder in Büros allergische Erkrankungen entstehen. Eine hiervon ist die sogenannte Befeuchterlunge, die durch das Einatmen von Schimmelpilzsporen und anderen Allergenen aus schlecht gewarteten Luftbefeuchtungssystemen ausgelöst wird. Sie geht mit Fieberschüben, Schüttelfrost, Hustenreiz, Kopfschmerzen und Müdigkeit einher und kann bei zu später Diagnose einen schwerwiegenden Verlauf nehmen.

Darüber hinaus können durch unzureichende Instandhaltung von RLT-Anlagen Infektionen auftreten. Ein Beispiel ist die sogenannte Legionellose, eine Lungenentzündung durch Bakterien, die auch mit mangelhafter Instandhaltung von Luftbefeuchtern in Verbindung gebracht wird.



Beurteilung des Raumklimas



2.1 Behaglichkeitsbereich

Ein Raumklima, bei dem sich die Mehrheit der Beschäftigten wohlfühlt und keine Gesundheitsprobleme durch das Raumklima ausgelöst werden, wird als „Behaglichkeitsbereich“ definiert. Außerhalb des Behaglichkeitsbereiches können Konzentration und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten negativ beeinflusst werden und gesundheitliche Probleme bis hin zu krankheitsbedingten Arbeitsausfällen auftreten. Ungünstige Klimabedingungen, z. B. hohe Raumtemperatur, große Temperaturasymmetrien (kalte Außenwände/Fenster) oder hohe Luftgeschwindigkeiten sind deshalb häufig Anlass für Beschwerden am Arbeitsplatz.

Allgemein gültige Werte für die Klimafaktoren Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit lassen sich aufgrund der unterschiedlichen subjektiven Wahrnehmung von Personen, die diesen Umgebungsbedingungen unterliegen, nur bedingt festlegen.

Das Klima am Arbeitsplatz sollte den Anforderungen des Behaglichkeitsbereiches entsprechen, d. h. Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit sind so zu gestalten, dass sie als behaglich empfunden werden. Empfohlen wird eine Lufttemperatur von etwa 20 bis 24 °C, eine relative Luftfeuchte von etwa 30 bis 60 % und eine maximale Luftbewegung von 0,15 m/s, um Zug zu vermeiden. Es ist allerdings nicht allein die mittlere oder maximale Luftgeschwindigkeit entscheidend, sondern die Schwankungsbreite in Zeitabschnitten (Turbulenzgrad).

Je geringer der Draft-Risk, desto geringer ist das Zugempfinden durch die Luftgeschwindigkeit. Des Weiteren sollte die Luft frei von unangenehmen Gerüchen sein.

2.2 Beurteilung des Behaglichkeitsbereiches

Zur Beurteilung des Raumklimas sind neben den physikalischen Klimaparametern die tätigkeitsbezogenen Parameter zu berücksichtigen. Hierzu gehören u. a. Arbeitsschwere, Bekleidung und Aufenthaltsdauer. Dabei können unterschiedliche Verfahren angewendet werden. In der Praxis hat es sich bewährt, die Raumklimabeurteilung in Anlehnung an die DIN EN ISO 15265 in zwei Stufen durchzuführen.

- In der Stufe 1 (Raumklimabeobachtung) sollen grundlegende Fragen zum Raumklima untersucht und ggf. beantwortet werden.
- In der Stufe 2 (Raumklimaanalyse) werden komplexere Fragen zum Raumklima durch Fachexperten untersucht und Lösungen erarbeitet.

► Stufe 1 Raumklimabeobachtung

Eine praktische Hilfe zur Beurteilung und Optimierung des Raumklimas entsprechend der Stufe 1 bietet die DGUV Information 215-510 „Beurteilung des Raumklimas“ (vormals BGI/GUV-I 7003). Abhängig von der Fragestellung stehen dort unterschiedliche Bewertungsmethoden zur Verfügung. Hierzu zählen Fragebögen, ein Ablaufschema und ein „Risikograph Klima“.

Das Raumklima
am Arbeitsplatz
sollte grundsätzlich den
Anforderungen des Be-
haglichkeitsbereiches
entsprechen.



Thermohygrograph zur Messung
von Lufttemperatur und relativer
Luftfeuchtigkeit.

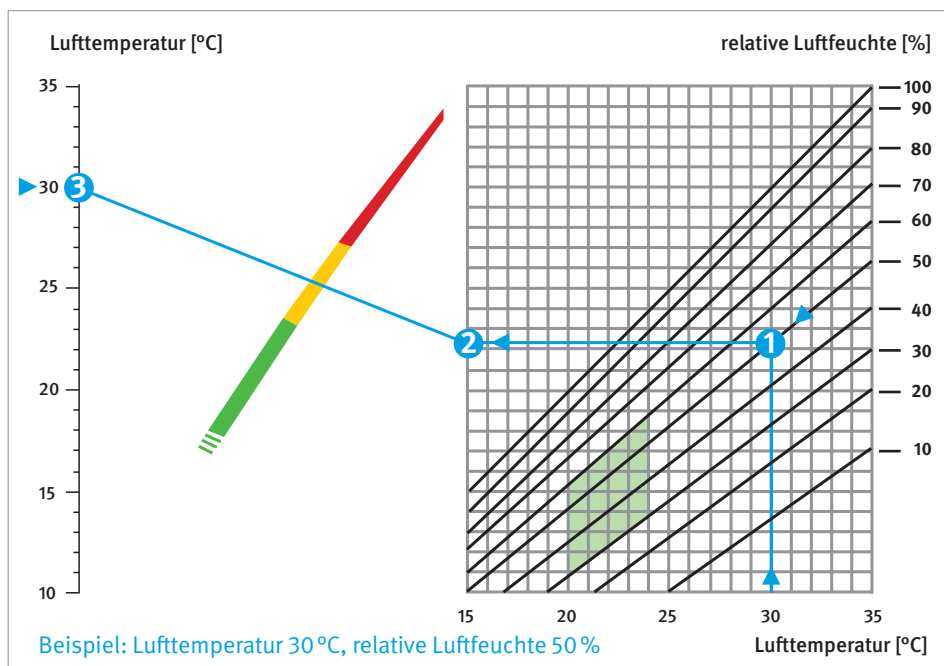


Abbildung 2:
Risikograph Klima – wärme-
belastete Arbeitsplätze

Quelle: DGUV Information 215-510
„Beurteilung des Raumklimas“
(vormals BGI/GUV-I 7003)

Der Risikograph Klima kann bei leichten Tätigkeiten und bei leichter Bekleidung angewendet werden, wenn keine oder nur geringe Wärmestrahlung vorhanden ist und keine Zugluft auftritt. Liegen diese Bedingungen vor, reicht es aus, die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte mit einem Thermometer bzw. Feuchtefühler zu messen. Das Raumklima kann dann durch Eintragung der Messwerte in den Risikograph Klima beurteilt werden.

Die Abb. 2 zeigt den Risikograph Klima für einen wärmebelasteten Arbeitsplatz. Bei einer Lufttemperatur von 30 °C und einer relativen Luftfeuchte von 50 % liegt das Ergebnis im „gelben Bereich“, d. h., hier sind Maßnahmen zu ergreifen, die zu einer Reduzierung der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte führen. Dies können z. B. das Isolieren heißer Oberflächen und das Beseitigen von Heißluftquellen oder von Dampf- oder Wasserleckagen sein.

Das Foto oben zeigt einen Thermohygrographen zur Messung von Lufttemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit.

► Stufe 2 Raumklimaanalyse

Arbeitsplätze mit hoher Luftfeuchtigkeit, mit Wärmequellen oder hohen Luftgeschwindigkeiten sind aufwändiger zu beurteilen. Dabei wird das Raumklima mit den einzelnen Klimaparametern oder mit einem Klimasummenmaß beurteilt.

Die Beurteilung des Raumklimas entsprechend der Stufe 2 erfordert Fachwissen und erfolgt nach der DIN EN ISO 7730. Mit Hilfe von Klimamess-Systemen werden unter Berücksichtigung der Bekleidung und der Arbeitsschwere alle notwendigen Klimaparameter ermittelt.

Messebene über dem Fußboden	Klimaparameter	Körperhaltung
0,1 m	Luftgeschwindigkeit Temperatur/Luftfeuchtigkeit	Sitzend
0,6 m		
1,1 m	Globetemperatur Natürliche Feuchtttemperatur Luftgeschwindigkeit Temperatur/Luftfeuchtigkeit	
0,1 m	Luftgeschwindigkeit Temperatur/Luftfeuchtigkeit	Stehend
1,1 m		
1,7 m	Globetemperatur Natürliche Feuchtttemperatur Luftgeschwindigkeit Temperatur/Luftfeuchtigkeit	

Tabelle 3: Messebenen für die Klimaparameter

In der Abb. 3 ist ein Klimamess-System mit den verschiedenen Sensoren für Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit an einem Stativ dargestellt. Die gemessenen Daten werden zu einem Notebook zur Berechnung weitergeleitet.

Je nachdem, ob es sich bei dem zu beurteilenden Raumklima um einen Arbeitsplatz mit überwiegend stehender oder überwiegend sitzender Tätigkeit handelt, werden die Sensoren entsprechend Tabelle 3 auf unterschiedlichen Messebenen (Knöchel, Hüfte, Kopf) positioniert.

Aus den gemessenen Klimaparametern werden die Klimasummenmaße PMV- und PPD-Index berechnet, die für die Beurteilung des Raumklimas entsprechend der DIN EN ISO 7730 verwendet werden.

Das PMV (predicted mean vote = vorausgesagtes mittleres Votum) ist ein Index, der den Durchschnittswert für die Klimabeurteilung für eine große Personengruppe vorhersagt. Natürlich wird es nach wie vor eine gewisse Anzahl von Personen geben, die das Raumklima nicht als neutral empfinden. Es ist daher wünschenswert, die Anzahl der Personen voraussagen zu können, die das Umgebungsklima wahrscheinlich als zu warm oder zu kalt empfinden.

Der PPD (predicted percentage of dissatisfied = vorausgesagter Prozentsatz an Unzufriedenen) ist ein Index, der eine quantitative Voraussage des Prozentsatzes der mit einem bestimmten Umgebungsklima unzufriedenen Personen darstellt, die es als zu kalt oder zu warm empfinden. Der Rest der Gruppe wird das Umgebungsklima entweder als klimatisch neutral, etwas warm oder etwas kühl empfinden.

Das Klimaempfinden sowie der Grad der thermischen Unbehaglichkeit werden dann durch die Berechnung des PMV-Index und/oder des PPD-Index ausgedrückt. Die Tabelle 4 enthält für PMV und PPD die Werte (Skala), die zur Beurteilung herangezogen werden.

Das PMV wird angewendet, um festzustellen, ob ein Raumklima den Behaglichkeitsanforderungen entspricht. Die thermische Behaglichkeit in Räumen wird als akzeptabel empfunden, wenn das PMV zwischen - 0,5 und + 0,5 liegt. Dies entspricht einem PPD von weniger als 10 %.

Es besteht auch die Möglichkeit, Raumkategorien für die Beurteilung des Raumklimas heranzuziehen. Nach DIN EN ISO 7730 werden drei Kategorien A, B und C vorgegeben, denen unterschiedliche Akzeptanzbereiche zugeordnet werden:

- Kategorie A entspricht einem PPD < 6 %
- Kategorie B entspricht einem PPD < 10 %
- Kategorie C entspricht einem PPD < 15 %

Die Praxis zeigt aber, dass das Ziel, möglichst wenige Unzufriedene im Arbeitsbereich zu beschäftigen, wünschenswert jedoch technisch nicht immer umzusetzen ist.

Neben dem PMV-Index, der das Klimaempfinden für den gesamten Körper ausdrückt, kann es darüber hinaus zu lokaler thermischer Unbehaglichkeit (unerwünschtes Abkühlen/oder Erwärmen) bestimmter Körperbereiche kommen. Lokales thermisches Unbe-

PMV	+ 2	+ 1	+ 0,5	0	- 0,5	- 1	- 2
Klimaempfinden	warm	etwas warm		neutral		etwas kühl	kühl
PPD	75 %	25 %	10 %	5 %	10 %	25 %	75 %

Tabelle 4: Beurteilung des Klimaempfindens anhand der Klimasummenmaße PMV und PPD



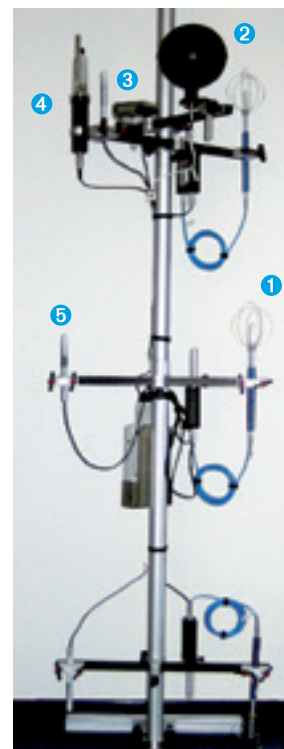
haglichkeitsempfinden tritt vor allem bei Personen auf, die leichte, sitzende Tätigkeiten ausüben. Die lokale thermische Unbehaglichkeit wird durch den PD-Index (Percentage of Dissatisfied = Prozentsatz Unzufriedener) beschrieben.

Die bekannteste Ursache für lokale thermische Unbehaglichkeit ist Zugluft. Diese ist eine unerwünschte lokale Abkühlung des Körpers, die durch Luftbewegung verursacht wird. Die Beeinträchtigung durch Zugluft kann durch den sogenannten Draft-Risk dargestellt werden. Dieser gibt an, wie viel Prozent der Personen sich durch Zugluft beeinträchtigt fühlen. Bei Werten oberhalb von 10 % besteht in der Regel Handlungsbedarf.

Aber auch große vertikale Unterschiede bei der Lufttemperatur zwischen Kopf und Füßen können lokale thermische Unbehaglichkeit erzeugen. Je größer der vertikale Unterschied der Lufttemperatur ist, desto größer ist der Prozentsatz an Unzufriedenen.

Sind die Temperaturunterschiede der Umgebungsflächen (Wand, Fenster, Decke oder Fußboden) im Raum bzw. in der Halle zu groß oder die Fußbodentemperatur zu gering, kann das Klima an bestimmten Körperbereichen von den Beschäftigten als unbehaglich empfunden werden. Das Wärmeempfinden der Füße führt bei zu warmen oder zu kalten Fußbodentemperaturen zu lokaler thermischer Unbehaglichkeit. Die Beurteilung erfolgt durch Messung der Fußbodentemperatur. Die geringste Unzufriedenheitsrate liegt bei einer Fußbodentemperatur von ca. 24 °C.

Warme Decken und kalte Fußböden oder kalte Wände/Fenster werden von den Beschäftigten ebenfalls als thermisch unbehaglich empfunden. Je geringer der Unterschied der Strahlungstemperaturen, umso geringer ist das Empfinden einer thermischen Unbehaglichkeit.



Klimamess-System

- ① Thermoanemometer
- ② Globe-Thermometer
- ③ CO₂ Sensor
- ④ Feuchtefühler
- ⑤ Temperatur-/ Feuchtefühler

Abbildung 3: Klimamess-System mit verschiedenen Sensoren

2.3 Messung der Klimaparameter

Die Messung der physikalischen Parameter des Raumklimas wie Luft- und Strahlungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit und darauf aufbauend die Beurteilung des Raumklimas ist eine komplexe Aufgabe, die von einem Fachmann durchgeführt werden sollte. Es gibt jedoch für jeden die Möglichkeit, zu einer ersten vereinfachten Einschätzung des Raumklimas zu gelangen. Dies basiert auf der Ermittlung der messtechnisch einfach zugänglichen Klimagrundgrößen Lufttemperatur, Strahlungstemperatur (mit Einschränkungen), relative Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit. Zu deren Bestimmung wird eine Fülle von Messgeräten in Form von Geschwindigkeitsmessgeräten (Anemometer), Temperatur- und Feuchtemessgeräten angeboten. Die Messung dieser Klimagrundgrößen dient einer vereinfachten Erstellung der Wärmebilanz für einen Menschen in einem bestimmten Umgebungsklima z. B. am Arbeitsplatz. Grundsätzlich sollten die Messungen in verschiedenen Höhen durchgeführt werden.

Messtechnisch nicht direkt zugängliche Einflussfaktoren auf das Raumklima sind z. B. die tätigkeitsbezogenen Faktoren wie die Arbeitsschwere sowie individuelle Faktoren wie Alter, Geschlecht, Bekleidung, die ebenfalls die thermische Empfindung des Menschen maßgeblich beeinflussen. Auch die stoffliche Belastung der Luft, die messtechnisch von einem Laien nicht bestimmt werden kann, spielt hierbei eine Rolle. Diese Einflussfaktoren sollten unter Hinzuziehung eines Fachmannes bestimmt werden, der dann mit Hilfe von Berechnungen, z. B. des PMV- und PPD-

Index eine weitergehende Beurteilung des Raumklimas durchführen kann.

2.3.1 Messung der Lufttemperatur

Die Lufttemperatur wird mit einem strahlungsgeschützten Thermometer in Grad Celsius °C gemessen, dessen Messgenauigkeit $\pm 0,5$ °C betragen soll. Die Messung erfolgt nach Erfordernis stündlich an Arbeitsplätzen für sitzende Tätigkeit in einer Höhe von 0,6 m und bei stehender Tätigkeit in einer Höhe von 1,1 m über dem Fußboden. Die Außenlufttemperatur wird stündlich während der Arbeitszeit ohne Einwirkung von direkter Sonneneinstrahlung gemessen. Die Außenlufttemperatur sollte etwa 4 m von der Gebäudeaußenwand entfernt und in einer Höhe von 2 m gemessen werden.

Zur Beurteilung der Lufttemperaturschichtung im Raum (vertikaler Temperaturgradient) ist je eine Messung in den Höhen 0,1 m, 1,1 m und 1,7 m (Knöchelhöhe, Hüfthöhe und Kopfhöhe) über dem Fußboden durchzuführen. Der vertikale Temperaturgradient der Lufttemperatur sollte höchstens 2 °C je m Raumhöhe betragen. Dabei soll die Lufttemperatur 0,1 m über dem Fußboden 21 °C nicht unterschreiten.

2.3.2 Messung der Strahlungstemperatur

Zur Messung der Strahlungstemperatur in Räumen wird häufig das Globe-Thermometer verwendet. Hierbei handelt es sich um eine schwarze Hohlkugel in deren Mitte ein Temperatursensor eingebracht ist, der die Strahlungswärme, d. h. die Differenz zur Lufttemperatur, erfasst.



Lufttemperaturmessung



Messung mit einem Globe-Thermometer

Klima-
parameter sind:
Lufttemperatur,
Strahlungstemperatur,
relative Luftfeuchte und
Luftgeschwindigkeit

Mit Hilfe der gemessenen Lufttemperatur, der Luftgeschwindigkeit und der Globe-Temperatur kann die mittlere Strahlungstemperatur errechnet werden. Die mittlere Strahlungstemperatur ergibt sich dann aus dem gewichteten arithmetischen Mittel der einzelnen mittleren Strahlungstemperaturen.

2.3.3 Messung der Luftfeuchtigkeit

Für die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit haben sich Geräte bewährt, die auf dem Messprinzip eines kapazitiven Feuchtesensors beruhen. Mit diesen Geräten sind preiswerte, schnelle und präzise Messungen ($\pm 1\%$ relative Luftfeuchte) möglich. Die Geräte sind handlich, einfach zu bedienen und bieten

zudem meist den Vorteil, dass diese gleichzeitig zur Ermittlung der Lufttemperatur verwendet werden können.

2.3.4 Messung der Luftgeschwindigkeit

Zur Messung der Luftgeschwindigkeit ist die Verwendung einer sogenannten Behaglichkeitssonde empfehlenswert. Bei dieser Sonde handelt es sich um eine modifizierte Hitzedrahtsonde, die eine richtungsunabhängige Messung der Luftgeschwindigkeit bis zu einer Luftgeschwindigkeit von 5 m/s ermöglicht. Auch die Messung der Luftgeschwindigkeit ist in verschiedenen Höhen (Kopf-, Hüft- und Knöchelhöhe) durchzuführen.



Luftfeuchtigkeits-
messung



Messung der
Luftgeschwindigkeit

Grundlagen der Lüftung

3

An den meisten Arbeitsplätzen wird das Raumklima u. a. wetterabhängig durch die freie (natürliche) Lüftung bestimmt. Bei niedriger Außentemperatur wird durch Heizungen eine behagliche Raumtemperatur sichergestellt. Reicht die freie Lüftung nicht aus oder bestehen besondere Anforderungen an das Raumklima ist eine raumluftechnische Anlage (RLT-Anlage) erforderlich.

Deshalb wird zwischen zwei Lüftungssystemen unterschieden:

- Freie (natürliche) Lüftung
- Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen)

Im Folgenden werden die beiden Lüftungssysteme beschrieben. Aufgrund der komplexen Anlagentechnik wird auf den Aufbau, den Betrieb, die Instandhaltung sowie auf die Besonderheiten von RLT-Anlagen ausführlich eingegangen.

3.1 Freie Lüftung

Die freie Lüftung wird im Wesentlichen durch das meteorologische Klima (Wetter) bestimmt. Der Austausch von Raumluft gegen Außenluft erfolgt bei der freien Lüftung durch den Druckunterschied infolge von Wind und Temperaturdifferenzen. Die Wirkung der freien Lüftung auf das Raumklima wird durch geöffnete Fenster, Tore, Dachöffnungen oder anderen Gebäudeöffnungen bestimmt. Einflussgrößen sind u. a. Flächengröße und die Ausrichtung der Lüftungsöffnungen sowie die Raumtiefe und die Raumhöhe.

Die häufigste Lüftung durch Fenster kann als kontinuierliche Lüftung (gekipptes Fenster), als Stoßlüftung (kurzzeitig ganz geöffnetes Fenster) oder als Querlüftung (gegenüberliegende geöffnete Fenster) erfolgen.

Bei der freien Lüftung ist keine Behandlung der Außenluft z. B. Filtern, Heizen, Kühlen möglich. Das bedeutet, die Außenluft strömt unbehandelt in den Arbeitsraum. Somit hat das Wetter (Sommerhitze, Winterkälte) einen unmittelbaren Einfluss auf das Raumklima.

Da die freie Lüftung im Wesentlichen von den Witterungsverhältnissen abhängig ist, ist eine dauerhafte und gezielte Lüftung und somit ein vorgegebenes Raumklima im Arbeitsraum nur eingeschränkt erreichbar.

Freie Lüftung ist dann ausreichend, wenn die in der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ angegebenen Lüftungsquerschnitte und die maximal zulässigen Raumtiefen eingehalten werden. Sofern Beschäftigte die Lüftungseinrichtungen und Lüftungszeiten selbst bestimmen dürfen, z. B. Fensterlüftung im Einzelbüro, hat die freie Lüftung eine hohe Akzeptanz.

3.2 Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen)

Im Gegensatz zur freien Lüftung ermöglichen RLT-Anlagen eine dauerhafte kontrollierte Lüftung. Der Vorteil von RLT-Anlagen besteht darin, dass die Außenluft in der Lüftungszentrale ent-

Empfohlene Lüftungszeiten für die Stoßlüftung, abhängig vom Außenklima:

Sommer: bis zu 10 Minuten
Frühling/Herbst: ca. 5 Minuten
Winter: ca. 3 Minuten



Auch im Winter ist eine regelmäßige – kurzzeitige – Lüftung wichtig.

sprechend eines gewünschten Raumklimas behandelt werden kann bevor sie in den Arbeitsraum strömt. Im Arbeitsraum kann so ein behagliches Raumklima bzw. eine gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur sichergestellt werden. Zur Behandlung der Außenluft sind je nach Anforderung an das Raumklima in der Lüftungszentrale Luftfilter, Lufterhitzer, Luftkühler und Luftbefeuchter erforderlich.

RLT-Anlagen müssen dem Stand der Technik entsprechen und die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) erfüllen. Deshalb sind bei der Planung die Grundlagen und die Anforderungen der Technischen Regeln, Normen und Richtlinien für Lüftungs- und Klimaanlage zu berücksichtigen.

Bereits bei der Planung ist darauf zu achten, dass die Instandhaltung (Reinigung, Wartung etc.) der RLT-Anlage gefahrlos und sicher durchgeführt werden kann. Es wird empfohlen, Fachfirmen zu beauftragen, die sich im einschlägigen Regelwerk wie

DIN Normen (z. B. DIN EN 13779, 12599), VDI Richtlinien (z. B. VDI 6022), DGUV Regeln (z. B. DGUV Regel 109-002) und Technische Regeln für Arbeitsstätten (z. B. ASR A3.6) auskennen. Anlagen, die unzureichend instand gehalten werden, können sich ungünstig auf das Raumklima und die Luftqualität im Arbeitsraum auswirken.

3.3 Einteilung und Funktionsweise von RLT-Anlagen

RLT-Anlagen werden nach der Luftbehandlung bzw. der Lüftungsfunktion eingeteilt (siehe Abb. 4). RLT-Anlagen mit Lüftungsfunktion sind so aufgebaut, dass Außenluft angesaugt, in der Lüftungszentrale aufbereitet und als Zuluft dem Raum zugeführt wird. Bei Anlagen ohne Lüftungsfunktion erfolgt die Aufbereitung der Luft ohne Ansaugung der Außenluft. Andererseits werden RLT-Anlagen nach der Anzahl möglicher Luftbehandlungsfunktionen wie Heizen, Kühlen, Befeuchten oder Entfeuchten klassifiziert.

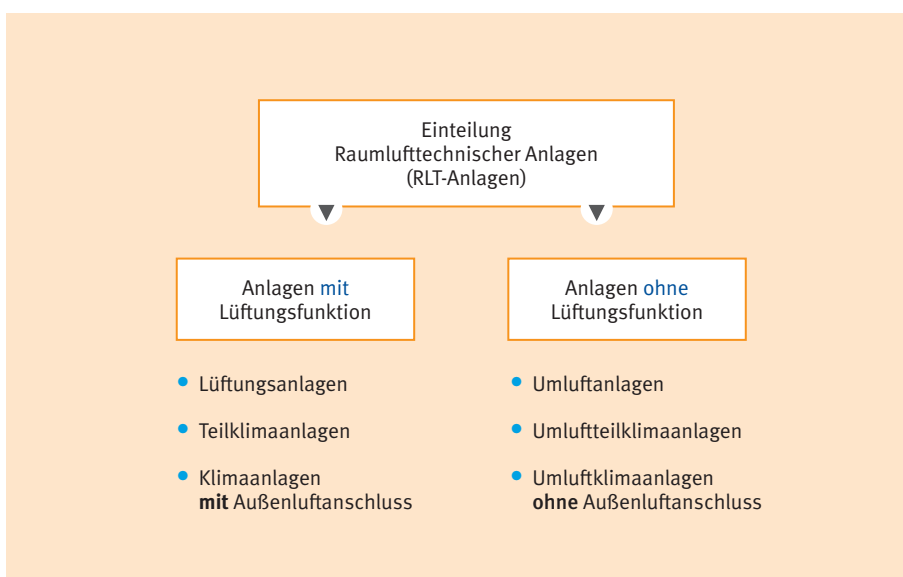


Abbildung 4: Einteilung von RLT-Anlagen

Das Schema in Abb. 5 zeigt den Aufbau, die wesentlichen Bauelemente sowie den Strömungsverlauf der Luft in einer RLT-Anlage von der Außenluft (ODA) über die Raumluf (IDA) bis zur Fortluft (EHA).

Die angesaugte Außenluft wird in folgenden Bauelementen in der Lüftungszentrale der RLT-Anlage aufbereitet:

- Luftfilter (F1)
- Lufterhitzer (E) vor der Luftbefeuchtung
- Luftkühler (K) bzw. Entfeuchtung
- Luftbefeuchter (LB)
- Lufterhitzer (E) nach der Luftbefeuchtung
- Luftfilter (F2)

Die aufbereitete Zuluft (SUP) strömt über den Zuluftventilator (SV) durch Luftleitungen als Raumluf (IDA) in den Arbeitsraum. Der Abluftventilator (EV) entzieht dem Arbeitsraum die Raumluf und fördert diese, je nach Betriebseinstellung, über den Wärmetauscher (WT) als Fortluft (EHA) ins Freie oder als Umluft (RCA) in die Lüftungszentrale zurück, wo der Kreislauf von neuem beginnt.

Die Steuerung und Regelung des Raumklimas erfolgt u. a. durch im Raum installierten Temperaturfühler (Thermostat) und Feuchtefühler (Hygrostat). Der Thermostat wirkt auf den Lufterhitzer oder sofern vorhanden, auf den Luftkühler. Dadurch wird das Heizmittel z. B. Warmwasser, Dampf oder das Kühlmittel z. B. Kaltwasser geregelt. Der Hygrostat wirkt, sofern vorhanden, auf den Luftbefeuchter oder Luftkühler. Damit wird bei niedriger Luftfeuchtigkeit der Luftbefeuchter oder bei zu hoher Luftfeuchtigkeit der Luftkühler geregelt.

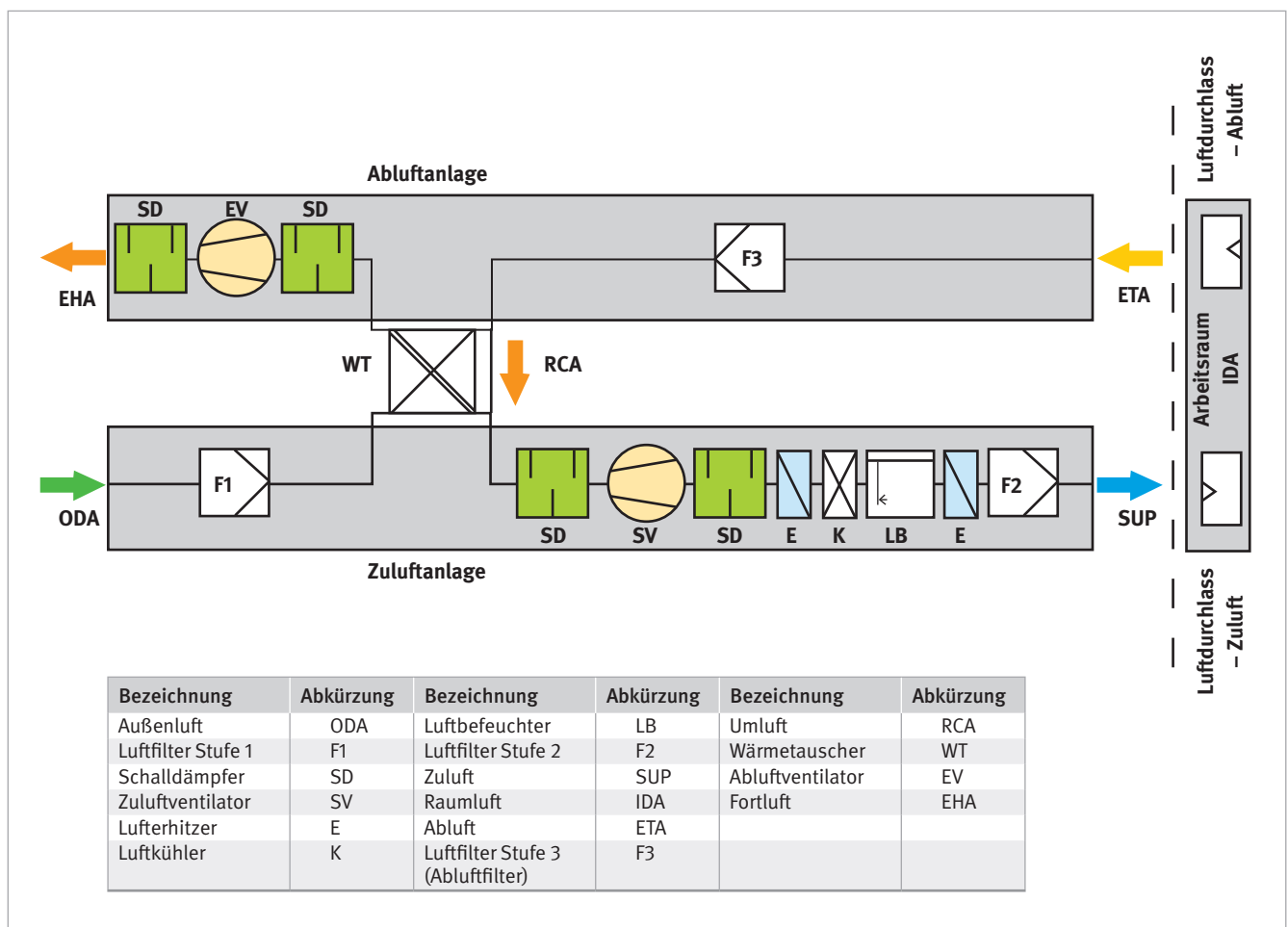


Abbildung 5: Schematischer Aufbau einer RLT-Anlage



Bauelemente in der Lüftungszentrale müssen gefahrlos zugänglich sein

Entsprechend der Energieeinsparverordnung (EnEV) müssen Klimaanlage mit einer Kälteleistung von mehr als 12 kW und sonstige Anlagen der Raumlufttechnik ab 4000 m³/h Zuluftvolumenstrom bei Neuerrichtung oder bei Erneuerung der Zentralgeräte aus energetischen Gründen u. a. mit Wärmetauschern ausgerüstet werden.

RLT-Anlagen müssen grundsätzlich jederzeit funktionsfähig sein. Eine Störung oder der Ausfall müssen gemäß ArbStättV durch eine selbsttätige Warneinrichtung angezeigt werden. Die RLT-Anlagen sind zudem in festgelegten Intervallen sachgerecht instand zu halten. Die Instandhaltungsintervalle sind so festzulegen, dass die technischen, hygienischen und raumlufttechnischen Eigenschaften und der sichere Betrieb der Anlage gewährleistet sind. Dabei sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen. Ablagerungen und Verunreinigungen in RLT-Anlagen, die zu einer unmittelbaren Gesundheitsgefährdung durch die Raumluft führen können, müssen umgehend beseitigt werden.

Luftfilter sind so auszuwählen und anzuordnen, dass die Bauelemente der RLT-Anlage vor Verunreinigungen geschützt sind und die gewählte Raumluftqualität erreicht wird. Der Betriebszustand der Luftfilter muss durch eine Differenzdruckmessung überwacht werden.

Der Außenluftvolumenstrom ist so auszulegen, dass gemäß ASR A 3.6 „Lüftung“ im Arbeitsraum die CO₂-Konzentration von 1000 ppm nicht überschritten wird. Die Innenraumluftqualität

kann mit einer Modellrechnung am Beispiel von CO₂ ermittelt werden: www.nlga.niedersachsen.de – als Suchbegriff bitte „CO₂ Modell“ eingeben.

Die Zuluft ist so zu führen, dass im Arbeitsraum keine Zugluft entsteht.

Die Funktionsfähigkeit der RLT-Anlage wird durch Messungen (Luftvolumenstrom, Lufttemperatur, Heizmitteltemperatur, Luftfeuchtigkeit etc.) überprüft. Der Arbeitgeber muss über die aktuellen Unterlagen der Prüfergebnisse sowie über die Dokumentation der Instandhaltung einschließlich der Hygieneinspektionen verfügen.

Die Anforderungen an eine RLT-Anlage sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 ArbStättV zu überprüfen. In der Gefährdungsbeurteilung muss auch festgelegt werden, welche Gesundheitsgefahren bei Ausfall oder Störung der RLT-Anlage auftreten können und welche Maßnahmen in diesem Fall zu treffen sind.

Hinweise zur Umsetzung der Arbeitsstättenverordnung und zum einwandfreien sicherheitstechnischen und hygienischen Betrieb von RLT-Anlagen geben darüber hinaus zahlreiche technische Richtlinien und Normen. Die hygienischen Anforderungen an RLT-Anlagen werden in der VDI 6022 beschrieben.

Bauelemente von RLT-Anlagen



4

4.1 Außenluftansaugöffnung

Über die Außenluft können Verunreinigungen in die RLT-Anlage eindringen. Deshalb ist die Planung und Anordnung der Außenluftansaugöffnung sorgfältig durchzuführen.

Die Anordnung der Außenluftansaugöffnung direkt über der Erdoberfläche bzw. aus Gruben ist unzulässig, weil dort die Gefahr besteht, dass sich Staub, Ruß, Abgase, Schmutz, Pilze und Bakterien ansammeln, angesaugt werden und in die RLT-Anlage eindringen. Deshalb soll die Ansaugöffnung mindestens 3 m über der Erdoberfläche liegen. Flachdächer können ebenfalls verunreinigt sein, deshalb ist auch hier eine Mindesthöhe einzuhalten.

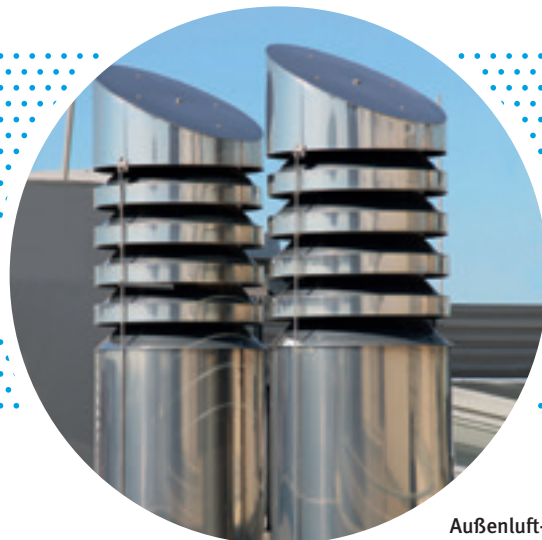
Außenluftansaugöffnung und Fortluftaustrittsöffnung sind so anzuordnen, dass keine Kurzschlussströmung (Rezirkulation) entsteht. Der horizontale Mindestabstand zwischen einer Außenluftansaugöffnung zu Luftverunreinigungsquellen wie z. B. Parkplatz, Schornsteinen, Abfallsammelstellen sollte nicht kleiner als 8 m sein.

Die Außenluftansaugöffnung muss gefahrlos zugänglich und einfach zu reinigen sein. In längeren Außenluftansaugkanälen ist der Luftfilter in unmittelbarer Nähe der Ansaugöffnung frostsicher zu installieren.



Außenluftansaugöffnung

Außenluft-
ansaugöffnungen
müssen gefahrlos
zugänglich und einfach
zu reinigen sein.



Außenluft-
ansaugöffnung
auf dem Dach

4.2 Luftfilter

Die Hauptaufgabe des Luftfilters besteht darin, vorhandene Luftverunreinigungen aus dem Luftstrom abzuscheiden. Eine wirksame Filterung der Luft reduziert Verunreinigungen in den Luftleitungen, im Luftherhitzer und anderen Bauelementen. Sie ist damit Basis für einen sauberen hygienischen Betrieb der gesamten RLT-Anlage und damit Grundlage für eine gesundheitlich zuträglichkeit Luftqualität im Arbeitsraum.

Luftfilter werden nach der DIN EN 779 in Filterklassen (Grobstaubfilter, Feinstaubfilter und Mediumfilter) eingeteilt. Dabei gilt grundsätzlich, je höher die gewählte Filterklasse, umso mehr Verunreinigungen werden aus der Luft entfernt. Allerdings setzen sich feine Filter auch schneller mit Partikeln zu. Abhängig von der Außenluftqualität und von der geforderten Raumluftqualität ist entsprechend Tabelle 5 eine Kombination von Grobstaub- und Feinstaubfiltern oder Mediumfiltern in einer RLT-Anlage erforderlich. Grobstaubfilter trennen nur grobe Verunreinigungen aus der Luft und sind deshalb kostengünstiger.

Zur Reinigung der Außen- und der Umluft sowie zum Schutz der Bauelemente in der Lüftungszentrale ist mindestens ein Luftfilter der Filterklasse F5 empfehlenswert. Empfohlene Mindestfilterklassen abhängig von der Außenluftqualität und der erforderlichen Raumluftqualität sind in der DIN EN 13779 beschrieben.

Der Einsatz von Luftfiltern mit höheren Filterklassen ist aus hygienischen Gründen zu empfehlen, um den Eintrag von Luftverunreinigungen in die RLT-Anlage zu minimieren. Deshalb wird empfohlen eine zweite Filterstufe der Filterklasse F7 einzusetzen.

Luftfilter müssen mit der Filterklasse, dem Filtermedium, dem Nennvolumenstrom und dem Differenzdruck (Ist- und zulässiger Enddruck) gekennzeichnet sein. Abb. 6 zeigt die Kennzeichnung eines Luftfilters.

Außenluftqualität	Raumluftqualität			
	IDA 1 (spezial)	IDA 2 (hoch)	IDA 3 (mittel)	IDA 4 (niedrig)
ODA 1 (saubere Luft)	F9	F8	F7	F5
ODA 2 (Staub)	F7+F9	F5+F8	F5+F7	F5+F6
ODA 3 (sehr hohe Konzentration von Staub oder Gasen)	F7+GF+F9	F7+GF+F9	F5+F7	F5+F6

GF bedeutet Gasfilter (Aktivkohlefilter) und/oder chemischer Filter.
ODA: Außenluft
IDA: Raumluft

Tabelle 5: Empfohlene Filterkombinationen entsprechend der DIN EN 13779
Quelle: DIN EN 13779, Tabelle A5

FILTER

Auftragsnummer	T 09 0175 – Pos. 5
Volumenstrom	15.500 m ³ /h
Filterklasse	F7
empf. Enddruck	200 Pa
Filtertyp / Anzahl	F728 F65 / 4
Filtertyp / Anzahl	F728 F35 / 4

Abbildung 6: Kennzeichnung eines Luftfilters

4.3 Lufterhitzer

Um in Arbeitsräumen ganzjährig ein behagliches Raumklima sicherzustellen, sind RLT-Anlagen, in der Regel mit Lufterhitzern ausgerüstet. Die Lufterhitzer sind so zu montieren, dass sie beidseitig gefahrlos zugänglich sind (ggf. herausziehbar), um sie zu reinigen und bei Bedarf zu desinfizieren. Um Schäden durch Frost zu vermeiden, müssen Überwachungseinrichtungen (Frostschutzsicherung) installiert werden.

Hauptsächlich werden Lamellenrohr-Lufterhitzer eingesetzt. Sie bestehen aus neben- und hintereinander angeordneten Lamellenrohren, die an den Enden in Sammelrohren zusammengeführt sind. Die Luft wird zwischen den Lamellen erwärmt. Als Heizmittel werden hauptsächlich Dampf- oder Warmwasser eingesetzt.



Desinfizieren
eines Lufterhitzers



Kondensatwasser-
entleerung aus
einem Syphon

Wärmetauscher (WT) sind aus hygienischen Gründen so einzubauen, dass die Luftströme (Außenluft/Abluft) getrennt sind. Bei Taupunktunterschreitung besteht im Kondensat die Gefahr einer Bakterien- oder Pilzbildung. Deshalb müssen die Systeme gefahrlos zugänglich und leicht zu reinigen sein.

4.4 Luftkühler

Insbesondere in den Sommermonaten kann es erforderlich sein, dass die angesaugte Luft gekühlt werden muss. Hierfür werden Luftkühler eingesetzt.

Luftkühler entsprechen in ihrer Bauart den Lufterhitzern. Grundsätzlich kann ein Lufterhitzer auch zur Kühlung der Luft verwendet werden, indem kaltes statt warmes Wasser durch die Rohre geleitet wird.

Im Kondenswasser von Luftkühlern können sich Bakterien und Pilze ansiedeln und vermehren. Deshalb ist auch hier ein gefahrloser Zugang für Reinigungs- und für Desinfektionsmaßnahmen sicherzustellen. Mit Luftkühlern kann die Luft zusätzlich getrocknet bzw. entfeuchtet werden.

4.5 Luftbefeuchter

Oft können technische Prozesse nur unter Einhaltung einer bestimmten Luftfeuchtigkeit durchgeführt werden. Für diese Arbeitsbereiche sind Luftbefeuchtungseinrichtungen erforderlich, die den Feuchtegehalt in der Raumluft erhöhen. Luftbefeuchtungseinrichtungen werden unterteilt in:

- dezentrale Luftbefeuchtung
- zentrale Luftbefeuchtung

Bei dezentralen Luftbefeuchtungseinrichtungen erfolgt die Luftbefeuchtung direkt im Arbeitsraum bzw. im Arbeitsbereich. Bei dieser Befeuchtungsart können durch das Zusammentreffen von kaltem Befeuchterwasser und warmer Raumluft Kälteglocken unterhalb der Befeuchtermodule entstehen, die von den Beschäftigten als unangenehm empfunden werden können (lokale thermische Unbehaglichkeit).



Dezentrale
Raumluftbefeuchtung



Zentrale Luftbefeuchtung
in der RLT-Anlage

Bei der zentralen Befeuchtung erfolgt die Luftbefeuchtung in der Lüftungszentrale. Dabei wird kaltes Befeuchterwasser der Luft beigemischt, die dann im Nacherhitzer erwärmt wird. Dadurch werden Kälteglocken im Arbeitsraum bzw. Arbeitsbereich vermieden.

Folgende Luftbefeuchter werden eingesetzt:

- **Zerstäubungsbefeuchter** durch Düsen mit oder ohne Druckluft, durch Ultraschalltechnik sowie durch motorgetriebene Schleuderscheiben
- **Dampfbefeuchter** direktes Einblasen von Dampf in die Raumluft oder in die Zuluft einer RLT-Anlage. Eigendampf wird durch Elektrogeräte erzeugt, Fremddampf kann aus einer zentralen Dampferzeugung genutzt werden
- **Verdunstungsbefeuchter** für kleinere Befeuchtungsleistungen
- **Umlaufsprühbefeuchter** („Luftwäscher“).

In Luftbefeuchtern kann, wie bei allen wasserführenden Systemen, eine mikrobielle Besiedlung nie gänzlich ausgeschlossen werden. Um eine regelmäßige gründliche Instandhaltung (Inspektion, Prüfung, Reinigung und ggf. Desinfektion) durchführen zu können, müssen alle Bereiche des Luftbefeuchters einschließlich der Tropfenabscheider leicht und gefahrlos zugänglich sein.

Aus hygienischen Gründen muss Kondenswasser in einer korrosionsbeständigen Kondensatwanne aufgefangen werden, die ein allseitiges Gefälle zum Wasserablauf aufweist sowie einen Syphon und eine Rücklaufsicherung besitzt. Der Wasserablauf muss vom Abwassernetz getrennt sein. Des Weiteren muss aus hygienischen Gründen der Luftbefeuchter zwangsläufig abschalten, sobald die RLT-Anlage ausgeschaltet wird oder ausfällt.

4.6 Luftleitungen

Die aufbereitete Luft strömt aus der Lüftungszentrale der RLT-Anlage in Luftleitungen zu den Arbeitsräumen.

Luftleitungen können als Kanäle oder Rohre ausgeführt sein. Die Innenflächen der Luftleitungen und mögliche Einbauten, z. B. Volumenstromregler oder Stellklappen, müssen zur Vermeidung von Ablagerungen wie Staub, Fasern etc. glatt und abriebfest sein. Zur Inspektion und zur Reinigung sind an geeigneten Stellen in ausreichender Anzahl Inspektionsöffnungen erforderlich.

Aus brandschutztechnischen Gründen werden am häufigsten Luftleitungen aus verzinktem Stahlblech eingesetzt. Luftleitungen sind strömungstechnisch so zu gestalten, zu dimensionieren und auszuführen, dass:



DGUV Test-Prüfzeichen einer geprüften und zertifizierten Luftbefeuchtungsanlage

- keine Stoffablagerungen sich bilden
- keine Luft oder Stoffe austreten
- keine Strömungsgeräusche entstehen
- sie geradlinig und auf kurzen Strecken montiert werden können
- Richtungsänderungen, Krümmer mit großen Radien, Abzweige oder Zusammenführungen im Winkel von 45° erfolgen. Bei scharfkantigen Richtungsänderungen sind Leitbleche einzubauen.
- Querschnittsveränderungen in einem Winkel kleiner 10° erfolgen.

Aus hygienischen Gründen sind Luftleitungen während des Transportes und auf der Baustelle bis zur Montage z. B. durch Verschlusskappen vor Verunreinigungen zu schützen.

4.7 Luftdurchlässe

Luftdurchlässe bilden den Übergang aus dem Luftverteilungssystem in den Arbeitsraum. Sie haben maßgeblichen Einfluss auf die Form der Luftströmung im Arbeitsraum, dem Energie-

austausch zwischen der Zuluft und der Raumluft und somit auf das Raumklima.

Luftdurchlässe gehören zu den wichtigsten Bestandteilen einer RLT-Anlage. Deshalb müssen sie mit Sorgfalt bemessen, ausgewählt, montiert und einreguliert werden, um:

- Zugluft für die Beschäftigten
- Kurzschlussströmung zwischen Zu- und Abluft und
- Schallemissionen in Arbeitsräumen zu vermeiden.

Durch die Anordnung und Ausführung der Zuluftdurchlässe wird die Luftführung im Arbeitsraum bestimmt. Die Einstellung (Volumenstrom, Wurfweite und Strahlbreite) eines Zuluftdurchlasses erfolgt durch Richtungs- und Mengeneinregulierungsvorstände. Deshalb ist es besonders wichtig, bei der Prüfung/Abnahme von RLT-Anlagen an den Zuluftdurchlässen die Volumenströme einzuregulieren. Dabei ist u. a. zu prüfen, ob für den erforderlichen Volumenstrom die richtigen Zuluftdurchlässe ausgewählt wurden.



Öffnen einer
Inspektionsöffnung
zur Kontrolle der Luftleitung



Einregulierung
am Luftdurchlass

4.8 Luftführung

Die Wirksamkeit einer RLT-Anlage wird neben der Ausführung der Lüftungszentrale entscheidend von der Luftführung im Arbeitsraum bestimmt. Mängel bei der Luftführung können z. B. zu Zugluft führen. Im schlimmsten Fall wird die RLT-Anlage durch Kurzschlussströmungen ineffizient und unwirksam.

Die Luftführung wird im Wesentlichen von der Raumgeometrie, vom Zuluftvolumenstrom, von der Anordnung und der Bauart der Zuluftdurchlässe, der Zuluftgeschwindigkeit, der Strömungsrichtung der Zuluft und der Temperaturdifferenz zwischen der Zuluft und der Raumluft oder der Abluft bestimmt. Eine raumerfüllende Luftführung berücksichtigt insbesondere die Stofflasten und die Wärmequellen im Arbeitsraum sowie die Gebäudephysik. Insbesondere in Produktionsbereichen ist es wichtig, Stofffreisetzungen und Wärmequellen bei der Planung der Luftführung zu berücksichtigen.

Kurzschlussströmung entsteht, wenn Zuluft, ohne den Arbeitsraum zu durchströmen, direkt in die Abluftdurchlässe strömt.

Dies ist häufig der Fall, wenn z. B. Zu- und Abluftdurchlässe auf gleicher Höhe im Raum installiert sind und zudem einen zu geringen Abstand voneinander haben.

Eine wirksame Luftführung kann z. B. durch eine Strömungsprüfung mit Rauch nachgewiesen werden. Bei besonderen Anforderungen können Konzentrationsmessungen oder Klimamessungen erforderlich werden.

In der Praxis hat sich die in der Abb. 7 dargestellte Schichtlüftung bewährt. Diese Art der Luftführung erfordert zwar hohe Investitionskosten, die sich langfristig jedoch aufgrund der geringen Betriebskosten im Vergleich zu anderen Luftführungsarten auszahlen.

Die Luftversorgung der Arbeitsräume erfolgt bei der Schichtlüftung durch impulsarme Zuluftdurchlässe (Quellluftdurchlässe) in Fußbodennähe. Sie verdrängt die durch den thermischen Auftrieb zur Decke strömende Abluft. Dadurch entsteht ein thermisch behagliches Raumklima mit einem vertikalen Temperaturgradienten von unten nach oben.

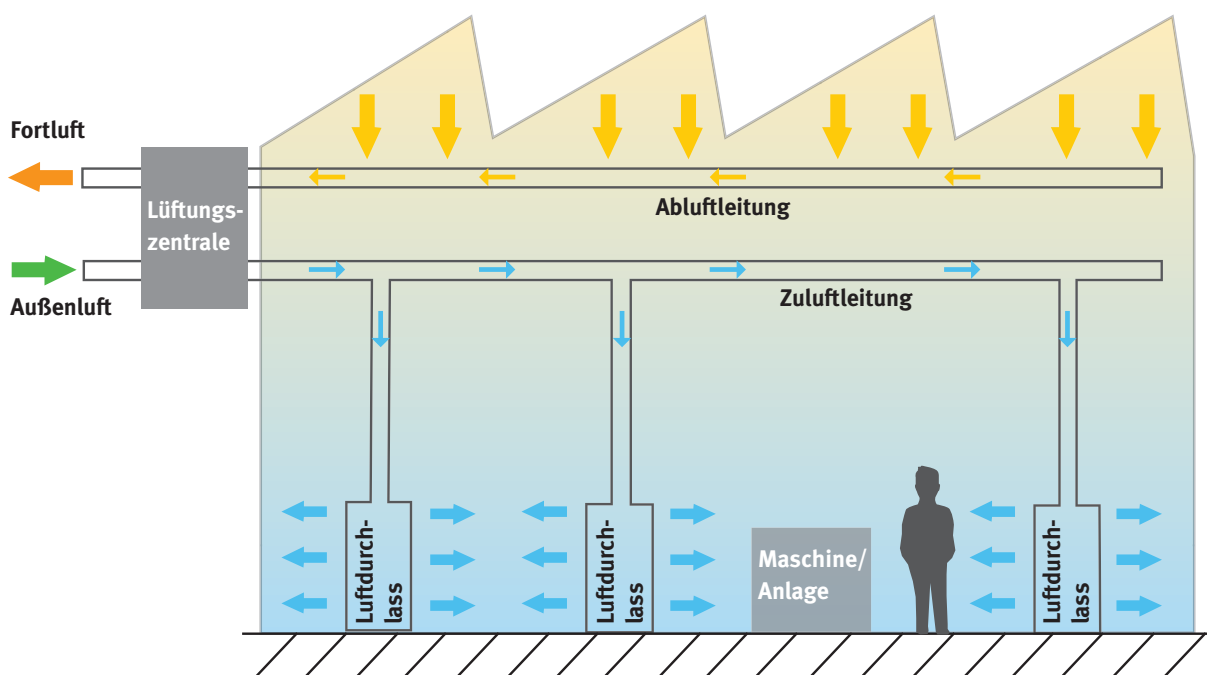


Abbildung 7: Prinzip der Schichtlüftung

Abnahmeprüfung von RLT-Anlagen

5

Der Umfang der Abnahmeprüfung eingebauter RLT-Anlagen sollte bei der Planungsbeauftragung schriftlich vereinbart werden. Grundlage dafür ist die DIN EN 12599 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen“.

Die Abnahmeprüfung besteht im Wesentlichen aus mehreren Einzelprüfungen:

- Vollständigkeitsprüfung
- Funktionsprüfungen
- Funktionsmessungen

Bei einer Vollständigkeitsprüfung wird kontrolliert, ob die RLT-Anlage vollständig eingebaut und alle Anforderungen aus dem Vertrag, Verordnungen, Normen, Richtlinien und technischen Regeln erfüllt wurden.

Durch die Funktionsprüfungen werden die Betriebsfähigkeit der RLT-Anlage und die Übereinstimmung mit den vereinbarten Anforderungen nachgewiesen. Mit dieser Prüfung wird festgestellt, ob die einzelnen Bauelemente der RLT-Anlage wie Luftfilter, Ventilatoren, Lufterhitzer, Luftkühler, Luftbefeuchter, Regelorgane etc. ordnungsgemäß eingebaut und wirksam sind.

Durch die Funktionsmessungen wird festgestellt, ob die RLT-Anlage die vereinbarten Bedingungen erfüllt und die Sollwerte, z. B. Luftvolumenstrom, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit erreicht.

Bestandteil der Abnahmeprüfung ist auch die Hygiene-Erstinspektion gemäß der Richtlinie VDI 6022 Blatt 1. Diese Hygiene-Erstinspektion darf nur von Personen durchgeführt werden, die mindestens die Fachkunde gemäß VDI 6022 Kategorie A besitzen.

Für die Durchführung der Abnahmeprüfung haben sich Checklisten bewährt. Unter www.bgetem.de (Webcode: 14975054) stehen für die Vollständigkeitsprüfung, Funktionsprüfungen und Funktionsmessungen Musterchecklisten zur Verfügung. Die Musterchecklisten sind in Anlehnung an die DIN EN 12599, an die VDI 6022 Blatt 1 sowie an das VDMA Einheitsblatt 24186-1 erstellt. Für die zu prüfende RLT-Anlage müssen diese Musterchecklisten ggf. angepasst werden.



Messung des Luftvolumenstromes in einer Luftleitung

Hygienischer Betrieb von RLT-Anlagen



6.1 Instandhaltung von RLT-Anlagen

Grundsätzlich darf eine RLT-Anlage nicht zur Gefahrenquelle (z. B. durch Schadstoffe, Bakterien, Schimmelpilze oder Lärm) werden. Nach der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A 3.6 „Lüftung“ müssen RLT-Anlagen deshalb dem Stand der Technik entsprechen und müssen bestimmungsgemäß betrieben werden.

Um ein angestrebtes Raumklima durch eine RLT-Anlage dauerhaft während der Betriebszeit sicherzustellen, ist es notwendig, regelmäßige Instandhaltungstätigkeiten durchzuführen. Bei Bedarf und zur Werterhaltung der RLT-Anlage sind Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 ArbStättV hat der Arbeitgeber die notwendigen Instandhaltungsintervalle festzulegen. Die Intervalle sind so festzulegen, dass die technischen, hygienischen und raumlufttechnischen Eigenschaften und der sichere Betrieb der Anlage während der gesamten Betriebszeit gewährleistet werden.

Der Arbeitgeber muss über eine aktuelle Dokumentation der RLT-Anlage verfügen, aus der die Instandhaltungsmaßnahmen wie Wartung und regelmäßige Prüfungen sowie deren Ergebnisse ersichtlich sind.

Für die Durchführung der regelmäßig erforderlichen Wartungstätigkeiten bietet das Einheitsblatt 24186-1 „Leistungsprogramm

für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 1: Lufttechnische Geräte und Anlagen“ des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e. V. (VDMA) eine gute Grundlage. Darin sind die notwendigen Tätigkeiten an Baugruppen und -elementen beschrieben. Es wird empfohlen, die Wartung in Anlehnung an das VDMA-Einheitsblatt vorzunehmen. Welche Tätigkeiten im Einzelnen notwendig sind, hängt von der zu wartenden RLT-Anlage ab.

Spezielle hygienische Anforderungen an RLT-Anlagen sind in der „Checkliste für Hygienekontrollen“ der Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 Raumluftechnik, Raumlufthausqualität – Hygieneanforderungen an Raumlufthausanlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln) beschrieben.

Die Hygienetätigkeiten dürfen danach nur von hygienegeschultem Personal durchgeführt werden. Dabei wird unterschieden in Schulung für einfache Hygienetätigkeiten (Kategorie B) und Schulung für anspruchsvolle Hygienetätigkeiten (Kategorie A).

Die Wartungstätigkeiten im VDMA Einheitsblatt 24186 Teil 1 und in der Checkliste für Hygienekontrollen der Richtlinie VDI 6022 Blatt 1 überschneiden sich zum Teil. Deshalb ist für die Instandhaltung eine „Mustercheckliste“ erstellt worden, in der die erforderlichen Wartungstätigkeiten zusammengefasst sind. Diese steht auf der Webseite der BG ETEM zur Verfügung: www.bgetem.de (Webcode: 14975054)

Hygienetätigkeiten
dürfen nur von
geschultem Personal
durchgeführt werden!



Reinigung einer Luftleitung



Reinigung einer Außenluftansaugöffnung

6.1.1 Luftleitungen

Abhängig vom Alter der RLT-Anlage, des Instandhaltungsaufwandes und der eingesetzten Filterklasse können Luftleitungen unterschiedliche Verschmutzungsgrade aufweisen. Meist handelt es sich um organische Ablagerungen, die unter Umständen einen idealen Nährboden für Mikroorganismen darstellen.

Um einen hygienischen Betrieb der RLT-Anlage sicherzustellen, müssen die Luftleitungen in einem sauberen Zustand betrieben werden. Deshalb ist es erforderlich, an geeigneten Stellen Inspektionsöffnungen in ausreichender Anzahl vorzusehen, damit die Luftleitungen bei der Instandhaltung regelmäßig inspiziert werden können.

Fachgerechte und regelmäßige Leitungsinspektionen stellen sicher, dass keine bedenklichen Verschmutzungen in den Luftleitungen entstehen. Werden Schmutzablagerungen oder mikrobielle Kontaminationen festgestellt, so sind wirksame Reinigungsmaßnahmen durchzuführen.

Diese Arbeiten dürfen nur von qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt werden. Dabei ist sicherzustellen, dass keine Stäube oder gefährliche Stoffe in den Arbeitsbereich austreten.

6.1.2 Luftfilter

Luftfilter müssen regelmäßig (z. B. jeden 3. Monat) kontrolliert werden. Dabei ist der aktuelle Differenzdruck zu prüfen sowie eine visuelle Kontrolle durchzuführen. Bei dieser Kontrolle ist zu prüfen, ob z. B. Undichtigkeiten bestehen, das Filtermedium beschädigt, durchfeuchtet oder mikrobiologisch belastet ist oder ob Staubdurchbrüche erkennbar sind.

Werden bei der visuellen Kontrolle Mängel festgestellt, sind die Ursachen zu ermitteln. Ggf. sind die Luftfilter auszutauschen oder Dichtungen zu erneuern. Luftfilter sind spätestens beim Erreichen der zulässigen Enddruckdifferenz auszutauschen.

Beim Auswechseln staubbelasteter Luftfilter ist eine Staubkontamination der Lüftungszentrale, anderer Bauelemente sowie der Umgebung zu vermeiden. Deshalb wird empfohlen, die Luftfilter nach dem Ausbau in reißfesten Beuteln (Folien) zu verpacken und staubarm zu entsorgen. Luftfilter der ersten Filterstufe sollten spätestens nach einem Jahr, die der weiteren Filterstufen nach zwei Jahren ausgetauscht werden. Bei stärkerer Verschmutzung können kürzere Wechselintervalle erforderlich sein.

Beim Montieren neuer Luftfilter ist insbesondere auf den luftdichten Abschluss zwischen Filter- und Einbaurahmen zu achten.

6.1.3 Luftbefeuchter

Zentrale Luftbefeuchtungssysteme sind so zu betreiben, dass sich in den Luftleitungen und in den Mischkammern kein Kondensat oder keine Aerosole niederschlagen. Dazu muss die

Funktion der Feuchtemess- und Regeleinrichtungen geprüft und gewährleistet sein. Die wasserführenden Bauteile sind regelmäßig instand zu halten und bei Bedarf zu reinigen und ggf. zu desinfizieren.

Ziel der Reinigung bzw. Desinfektion von Luftbefeuchtungssystemen ist es, die Keimbelastung des Befeuchterwassers so niedrig zu halten, dass von der RLT-Anlage keine Gesundheitsgefährdung ausgeht. Das Umlaufwasser im Luftbefeuchtungssystem muss regelmäßig gewechselt werden. Das Befeuchterwasser muss mindestens den Anforderungen der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) sowie den Anforderungen in der Richtlinie VDI 3803 Blatt 1, Tabelle B1 entsprechen. Zur Beurteilung des Hygienezustandes des Befeuchterwassers muss in regelmäßigen Zeitabständen eine Ermittlung der koloniebildenden Einheiten (KBE) pro Milliliter (ml) durchgeführt werden. Für zentrale Luftbefeuchter ist ein Richtwert von 1000 KBE/ml einzuhalten. Die Ermittlung der KBE/ml kann mit Hilfe sogenannter Dip-Slides erfolgen.

Die mikrobiologische Verunreinigung des Befeuchterwassers kann durch den Einbau technischer Vorkehrungen, z. B. UV-Anlagen, verhindert werden. Der Einsatz von Chemikalien in Luftbefeuchtungseinrichtungen zur Reduzierung der mikrobiellen Belastung kann problematisch sein. Einerseits muss bei höheren Temperaturen unter Umständen dennoch mit einer Verkeimung gerechnet werden, andererseits ist sicherzustellen, dass die beigemischten Chemikalien keinesfalls in die Raumluft gelangen.



Ausbau eines gebrauchten Luftfilters



Kontrolle der Keimbelastung mittels Dip Slides

Insbesondere wasserführende Bauteile regelmäßig instand halten und bei Bedarf reinigen bzw. desinfizieren.

Alle Luftbefeuchtungssysteme (Zerstäuber, Verdampfer, Verdunster etc.), insbesondere solche mit offenem Wasserbecken, erfordern eine regelmäßige, fachgerechte Reinigung, um die während des Betriebs entstehenden Staub- oder Schlammablagerungen zu entfernen. Nach jeder Reinigung können die Nassteile des Luftbefeuchters mit einem Desinfektionsmittel behandelt werden, um Brutstätten für Bakterien und Pilze zu bekämpfen. Damit wird einer schnellen Neuverkeimung des Luftbefeuchterwassers entgegengewirkt. Die desinfizierten Bauteile müssen vor Wiedereinbetriebnahme der Anlage gründlich gespült und getrocknet werden, um zu verhindern, dass gesundheitsschädliche Desinfektionsmittel in die Raumluft ausgetragen werden.

6.2 Dokumentation

Die Instandhaltung von RLT-Anlagen, d. h. die Wartung, Inspektion und Instandsetzung, soll einen ordnungsgemäßen und hygienisch einwandfreien Betrieb sicherstellen. Der Anlagenbetreiber muss für die Instandhaltungstätigkeiten eine Betriebsanweisung erstellen. Hierin werden z. B. Ein- und Ausschaltzeiten festgelegt und der Einsatz von Desinfektionssystemen geregelt.

Wird die RLT-Anlage von einem externen Unternehmen betrieben, ist die Betriebsanweisung gemeinsam mit dem Nutzer zu erstellen. Des Weiteren muss ein Instandhaltungsplan aufgestellt werden. Es wird empfohlen, für den Instandhaltungsplan Checklisten in Anlehnung an das Einheitsblatt VDMA 24186-1 zu verwenden. Die regelmäßig durchgeführten Instandhaltungstätigkeiten können in den Checklisten dokumentiert werden.

Die regelmäßigen Hygienekontrollen sind ebenfalls zu dokumentieren. Hierfür ist ebenfalls die Checkliste in Anlehnung an die Richtlinie VDI 6022 Blatt 1, Tabelle 6 hilfreich. Musterchecklisten stehen auf der Webseite der BG ETEM zur Verfügung.

Im Instandhaltungsplan ist auch die organisatorische Abwicklung der Instandhaltung festzulegen. Der Instandhaltungsplan sollte in Abstimmung mit dem Planer/Errichter der RLT-Anlage erstellt werden.



Abklatschprobe
in einer Lüftungszentrale

6.3 Qualifikation und Schulung des Personals

Grundlage der Instandhaltung (Wartung, Reinigung und Instandsetzung) sind die von den jeweiligen Herstellern vorgegebenen Anleitungen. Eigene Erfahrungen, die von den betrieblichen Gegebenheiten abhängen, müssen berücksichtigt werden. Die dauerhafte Einhaltung der hygienischen Anforderungen und die Durchführung der hierfür notwendigen Betriebs- und Instandhaltungsmaßnahmen setzen eine entsprechende Qualifikation des Personals voraus.

Die Hygiene-Kontrolle sowie die Reinigung und Entkeimung der RLT-Anlagen sind in der VDI 6022 beschrieben. Diese Arbeiten können durch eigenes Personal, das zuvor geschult wurde, durchgeführt werden. Die Überprüfung umfasst regelmäßige Sichtkontrollen der gesamten RLT-Anlage auf Verschmutzungen und Ablagerungen sowie wiederkehrende mikrobiologische Untersuchungen des Befeuchterwassers. Für diese regelmäßige Hygienekontrolle werden u. a. sogenannte Dip-Slides verwendet, mit dem der Betreiber schnell und einfach den Hygienestatus des Befeuchterwassers überprüfen kann. Diese Einmal-Eintauchobjektträger dienen zur quantitativen Keimzahlbestimmung. Die Ergebnisse werden anhand von Musterbildern beurteilt, wodurch eine Abschätzung der Keimbelastung des Befeuchterwassers in Kolonie bildende Einheiten/Milliliter (KBE/ml) möglich ist.

Für die Durchführung dieser wartungsbegleitenden Hygienekontrollen ist mindestens eine Qualifikation gemäß Kategorie B nach VDI 6022 notwendig. Die BG ETEM bietet entsprechende Schulungen nach Kategorie B und A kostenfrei für Mitgliedsbetriebe an.

Die ebenso regelmäßig durchzuführenden Hygieneinspektionen nach VDI 6022 müssen von geschultem Personal (Sachkundige) vorgenommen werden. Hierfür ist die Sachkunde nach VDI 6022 Kategorie A erforderlich. Die Hygieneinspektion muss in festgelegten Intervallen stattfinden und dokumentiert werden. Sie umfasst eine ausführliche Begehung und Sichtprüfung, die Messung physikalischer Klimaparameter wie Temperatur, relative Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit sowie mehrere mikrobiologische Untersuchungen, die in einem Fachlabor ausgewertet werden. Mit dem Prüfbericht werden dem Anlagenbetreiber entsprechende Handlungsempfehlungen gegeben.

Oft bieten die Hersteller von RLT-Anlagen Wartungsverträge an. Sie haben eigenes hygienegeschultes Personal, das außerdem mit den eigenen Anlagen besonders vertraut ist. Daher bietet es sich an, schon bei der Installation einer Neuanlage zu prüfen, ob und welcher Teil der Instandhaltung extern vergeben werden kann.

Der Betreiber muss jederzeit in der Lage sein, die Qualifikation seines Instandhaltungspersonals nachzuweisen oder durch



Die BG ETEM bietet für Mitgliedsbetriebe kostenfreie Hygieneschulungen nach VDI 6022 Kategorie B und A an.

Abschluss eines Vertrages mit einem Fachunternehmen dafür Sorge tragen, dass die Anlagen ordnungsgemäß betrieben und instand gehalten werden.

6.4 Arbeitsschutzmaßnahmen

Im Rahmen der Gefährdungsermittlung muss der Arbeitgeber eine Auflistung der Instandhaltungstätigkeiten erstellen. Außerdem müssen die verfügbaren Informationen hinsichtlich der mikrobiellen Belastung der Anlage geprüft und dokumentiert werden (Ergebnisse der Dip-Slide-Auswertung, ggf. Keimzahlmessungen durch ein externes Labor). Liegt wiederholt eine mikrobielle Belastung der RLT-Anlage vor (z. B. Überschreiten der Richtwerte in der VDI 6022 Blatt 1), muss die Ursache dafür ermittelt werden und beim Festlegen der Arbeitsschutzmaßnahmen berücksichtigt werden.

Werden Desinfektionsmittel eingesetzt, müssen Sicherheitsdatenblätter und Dosierungsangaben vorliegen und eine Ersatzstoffsuche (§ 16 GefStoffV) dokumentiert werden. Darüber hinaus müssen für Tätigkeiten mit Desinfektionsmitteln geeignete Schutzhandschuhe zur Verfügung gestellt und auch benutzt werden. Für Tätigkeiten, bei denen mit der Entwicklung von Aerosolen zu rechnen ist (Hochdruckreinigung) müssen min-

destens Atemschutzmasken der Filterklassen FFP 2 bzw. 3 sowie wasserabweisende Schutzkleidung bereitgestellt werden.

Im Rahmen der grundlegenden Hygienemaßnahmen nach Bio-stoffverordnung muss für das Wartungspersonal eine Waschgelegenheit zugänglich sein sowie vom Arbeitsplatz getrennte Umkleidemöglichkeiten zu Verfügung stehen. Arbeitskleidung und persönliche Schutzausrüstung müssen regelmäßig und bei Bedarf gereinigt und gewechselt werden.

Die Gefährdungsbeurteilung, deren Ergebnisse, die festgelegten Schutzmaßnahmen sowie deren Wirksamkeitsüberprüfung sind für die Tätigkeiten schriftlich zu dokumentieren. Darauf aufbauend müssen für die Tätigkeiten Betriebsanweisungen erstellt werden sowie regelmäßig Unterweisungen der Mitarbeiter, die diese Tätigkeiten ausüben, stattfinden.



Reinigung eines Ventilators

**Instand-
haltung nur mit
persönlicher Schutz-
ausrüstung:
Sicherheitsschuhe,
Atemschutz,
Schutzhandschuhe.**

Literaturhinweise

Gesetze und Verordnungen

ArbSchG	Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit
ArbStättV	Verordnung über Arbeitsstätten
BetrSichV	Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes
BioStoffV	Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen
GefStoffV	Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen

Gesetze und Verordnungen stehen zum Download unter www.gesetze-im-internet.de (Seite vom Bundesministerium) kostenlos bereit.

DGUV-Regeln und DGUV-Informationen

DGUV Regel 109-002 (vorher BGR 121)	Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen
DGUV Information 215-444 (vorher BGI 827)	Sonnenschutz im Büro
DGUV Information 215-510 (vorher BGI/GUV-I 7003)	Beurteilung des Raumklimas – Tipps für Wirtschaft, Verwaltung und Dienstleistung
DGUV Information 215-520 (vorher BGI 7004)	Klima im Büro – Antworten auf die häufigsten Fragen

Technische Regeln für Arbeitsstätten

ASR A 3.5	Raumtemperatur
ASR A 3.6	Lüftung

DIN-Normen

DIN EN 779	Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik – Bestimmung der Filterleistung
DIN V 4701-10	Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnische Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung
DIN EN ISO 7730	Ergonomie der thermischen Umgebung
DIN EN 12097	Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Anforderungen an Luftleitungsbauteile zur Wartung von Luftleitungssystemen
DIN EN 12599	Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen
DIN EN 13779	Lüftung von Nicht-Wohngebäuden
DIN EN ISO 15265	Ergonomie der thermischen Umgebung; Strategie zur Risikobeurteilung zur Abwendung von Stress oder Unbehagen unter thermischen Arbeitsbedingungen
DIN 18379	VOB Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen; Teil C: Allgemeine technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Raumlufttechnische Anlage
DIN 33403-2	Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Einfluss des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen

VDI-Richtlinien

VDI 2044	Abnahme und Leistungsversuche an Ventilatoren
VDI 2054	Raumluftechnische Anlagen für Datenverarbeitung
VDI 2067 Blatt 1	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen; Grundlagen und Kostenberechnung
VDI 2067 Blatt 10	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen; Energiebedarf von Gebäuden für Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten
VDI 2067 Blatt 21	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen; Energieaufwand der Nutzenübergabe – Raumluftechnik
VDI 3803 Blatt 5	Raumluftechnik, Geräteanforderungen – Wärmerückgewinnungssysteme (VDI-Lüftungsregeln)
VDI 3803 Blatt 4	Raumluftechnik, Geräteanforderungen – Luftfiltersysteme (VDI-Lüftungsregeln)
VDI 2078	Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllast-Regeln)
VDI 2081	Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen
VDI 2087	Luftleitungssysteme – Bemessungsgrundlagen
VDI 2890	Planmäßige Instandhaltung; Anleitung zur Erstellung von Wartungs- und Inspektionsplänen
VDI 3801	Betreiben von Raumluftechnischen Anlagen
VDI 3802	Raumluftechnische Anlagen für Fertigungsstätten
VDI 3804	Raumluftechnik – Bürogebäude
VDI 6022 Blatt 1	Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte
VDI 6022 Blatt 1.1	Prüfung von Raumluftechnischen Anlagen
VDI 6022 Blatt 3	Beurteilung der Raumlufqualität
VDI 6022 Blatt 4	Qualifizierung von Personal für Hygienekontrollen, Hygieneinspektionen und die Beurteilung der Raumlufqualität

VDI 6022 Blatt 4.1 Qualifizierung von Personal für Hygienekontrollen, Hygieneinspektionen und die Beurteilung der Raumlufqualität; Nachweis der Qualifizierung in Schulungskategorie A und Schulungskategorie B

VDI 6022 Blatt 6 Luftbefeuchtung über dezentrale Geräte – Planung, Bau, Betrieb, Instandhaltung

VDMA-Einheitsblätter

VDMA 24166	Ventilatoren, Technische Gewährleistungen
VDMA 24168	Lufttechnische Geräte und Anlagen – Luftdurchlässe – Bestimmung des Luftstroms mit der Druckkompensationsmethode (Null-Methode)
VDMA 24186	Teil 0–4: Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden

Reports des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld, 9/2013

Grenzwerteliste 2013 – Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (IFA-Report 1/2013)

Informationen der BG ETEM

Mustercheckliste „Abnahmeprüfung“
www.bgetem.de Webcode: 14975054

Mustercheckliste „Instandhaltungen“
www.bgetem.de Webcode: 14975054

Sonstige Informationen @

www.baua.de: Klima am Arbeitsplatz

LASI-Leitfaden Nr. 16 (LV 16): Kenngrößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter (<http://lasi.osha.de>)

FB 991: Forschungsbericht der BAuA: Handbuch der thermischen Behaglichkeit – Heizperiode

Gesundes Klima und Wohlbefinden am Arbeitsplatz – Broschüre der BAuA (www.baua.de)

CO₂ Modellrechner: www.nlga.niedersachsen.de – als Suchbegriff „CO₂ Modell“ eingeben

Trinkwasserverordnung (TrinkwV)

**Berufsgenossenschaft
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse**

Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln
Telefon 0221 3778-0
Telefax 0221 3778-1199
E-Mail info@bgetem.de
www.bgetem.de

Bestell-Nr. S 042

1 · 3 · 10 · 14 · 3 – Alle Rechte beim Herausgeber
Gedruckt auf Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft