

109-002

DGUV Regel 109-002



Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen

komm**mit****mensch** 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)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Oberflächentechnik und Schweißen des
Fachbereichs Holz und Metall der DGUV

Ausgabe: April 2020

DGUV Regel 109-002
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen Webcode: p109002

Bildnachweis

Titelbild: © Kemper GmbH und W. Gunreben BG BAU;
Abbildungen 1, 2, Tabelle 4 oben, 3–7, 9–13: © R. Woyzella BGHM;
Abbildungen Tabelle 4 Mitte und unten rechts: © W. Gunreben BG BAU;
Abbildungen 8, Tabelle 4 unten links: © ETS GmbH;
Abbildungen Tabelle 5: © K. Möcklinghoff

Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen

DGUV Regeln stellen bereichs-, arbeitsverfahrens- oder arbeitsplatzbezogen Inhalte zusammen. Sie erläutern, mit welchen konkreten Präventionsmaßnahmen Pflichten zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren erfüllt werden können.

DGUV Regeln zeigen zudem dort, wo es keine Arbeitsschutz- oder Unfallverhütungsvorschriften gibt, Wege auf, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können. Darüber hinaus bündeln sie das Erfahrungswissen aus der Präventionsarbeit der Unfallversicherungsträger.

Aufgrund ihres besonderen Entstehungsverfahrens und ihrer inhaltlichen Ausrichtung auf konkrete betriebliche Abläufe oder Einsatzbereiche (Branchen-/Betriebsarten-/Bereichsorientierung) sind DGUV Regeln fachliche Empfehlungen zur Gewährleistung von Sicherheit und Gesundheit. Sie haben einen hohen Praxisbezug und Erkenntniswert, werden von den beteiligten Kreisen mehrheitlich für erforderlich gehalten und können deshalb als geeignete Richtschnur für das betriebliche Präventionshandeln herangezogen werden. Eine Vermutungswirkung entsteht bei DGUV Regeln nicht.

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite	
Vorbemerkung	5	8	Luftbilanzierung	30
1 Anwendungsbereich	6	8.1	Fortluft/Wärmerückgewinnung	31
2 Ziele lufttechnischer Maßnahmen	6	9	Lufttechnische Maßnahmen	
3 Begriffsbestimmungen	7		auf Baustellen	33
4 Gefährdungsbeurteilung und		9.1	Absaugung an der Emissionsstelle	33
Schutzmaßnahmen	10	9.2	Reinigung der Raumluft	34
4.1 Ermittlung der Gefährdungen	10	10	Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen	
4.2 Beurteilung der Gefährdungen	10		bei brennbaren Luftverunreinigungen	35
4.3 Rangfolge der Schutzmaßnahmen	11	10.1	Erfassungseinrichtungen	35
5 Lufttechnische Maßnahmen	13	10.2	Luftleitungen	35
5.1 Erfassung der Emissionen	13	10.3	Abscheider	36
5.2 Austauschen der Raumluft	15	10.4	Ventilatoren	37
5.2.1 Verdrängungsströmung	16	10.5	Absaugen brennbarer Stäube außerhalb	
5.2.2 Schichtströmung	16		einer explosionsfähigen Atmosphäre	37
5.2.3 Mischströmung	17	11	Rechtliches	38
5.2.4 Freie Lüftung	17	11.1	Pflichten von Herstellerinnen	
6 Komponenten für lufttechnische			und Herstellern	38
Maßnahmen	18	11.2	Pflichten von Betreiberinnen	
6.1 Anforderungen an die Erfassung	18		und Betreibern	39
6.2 Luftdurchlässe für Zuluft und Abluft	21	11.2.1	Inbetriebnahme	39
6.3 Luftleitungen	21	11.2.2	Prüfungen/Wirksamkeitsprüfung	39
6.3.2 Dimensionierung der Leitungsquerschnitte	22	11.2.3	Betrieb	40
6.4 Abscheider	22	11.2.4	Unterweisung	41
6.4.1 Partikelabscheider	23	11.2.5	Instandhaltung und Reinigung	41
6.4.2 Gasabscheider	24	11.2.6	Störungen	43
6.5 Ventilatoren	24	Anhang		44
6.6 Steuerung, Verriegelung und		Literatur		44
Warneinrichtungen	26			
6.7 Lärminderung	27			
7 Reinlufrückführung und Umluft	28			
7.1 Reinlufrückführung und Umluftbetrieb				
bei Nicht-KMR-Stoffen	28			
7.2 Reinlufrückführung und Umluft				
bei KMR-Stoffen	29			
7.2.1 Luftrückführung bei Absauganlagen				
(mit KMR-Stoffen)	29			
7.2.2 Umluft bei prozesslufttechnischen Anlagen				
zur Raumlüftung (mit KMR-Stoffen)	29			

Vorbemerkung

DGUV Regeln richten sich in erster Linie an Unternehmerinnen und Unternehmer und geben ihnen eine Hilfestellung bei der Umsetzung ihrer Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder Unfallverhütungsvorschriften. Sie zeigen Wege auf, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

Unternehmerinnen und Unternehmer, die die in den DGUV Regeln enthaltenen Empfehlungen und beispielhaften Lösungsmöglichkeiten beachten, können davon ausgehen, dass die auf dieser Grundlage getroffenen Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren geeignet sind. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.

Diese DGUV Regel präzisiert die Forderungen der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV). Grundsätzlich kann sie auch zur Präzisierung der Forderungen der Biostoffverordnung (BioStoffV) angewendet werden. Weitergehende spezielle Forderungen der Biostoffverordnung sind im staatlichen und DGUV-Regelwerk enthalten (siehe Literaturverzeichnis).

Forderungen zur Arbeitsplatzlüftung stehen auch

- im Arbeitsschutzgesetz (ArbSchutzG),
- in der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) mit den dazugehörigen Technischen Regeln (TRBS),
- in der Neunten Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung 9.ProdSV),
- in der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) mit den dazugehörigen Technischen Regeln (ASR),
- in weiteren allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Diese DGUV Regel fasst die wichtigsten allgemeinen Forderungen zum Thema Arbeitsplatzlüftung zusammen und gibt darüber hinaus Unternehmerinnen und Unternehmern sowie verantwortlichen Personen Hinweise und Beispiele dazu, wie Anlagen zur Arbeitsplatzlüftung konzipiert, gebaut und betrieben werden können.

1 Anwendungsbereich

Diese DGUV Regel wird bei der Auswahl und dem Betrieb prozesslufttechnischer Anlagen zur Beseitigung von Stoff-, Wärme- und Feuchtelasten angewendet.

Sie beschreibt die Anforderungen an Absauganlagen und ergänzende Raumlüftungsmaßnahmen zur Minimierung der inhalativen Exposition und zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphären. Grundlage dafür sind die Forderungen der Gefahrstoffverordnung und ihrer Technischen Regeln (TRGS) und grundsätzlich auch die Forderungen der Biostoffverordnung und ihrer Technischen Regeln (TRBA).

Diese DGUV Regel gilt nicht für Anlagen, die ausschließlich zur

- Regelung von Lufttemperatur oder -feuchte in Innenräumen oder
- Verbesserung der durch den Aufenthalt von Personen verschlechterten Raumluft dienen.

Eine Verschlechterung der Raumluftqualität durch Personen kann zum Beispiel durch Körperausdünstungen, den Kohlendioxid(CO₂)-Gehalt ausgeatmeter Luft oder Tabakrauch verursacht werden.

In diesen Fällen ist die Arbeitsstättenverordnung in Verbindung mit der technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ anzuwenden.

2 Ziele lufttechnischer Maßnahmen

An Arbeitsplätzen muss die Luft so beschaffen sein, dass

- im Atembereich keine Gesundheitsgefährdung auftritt oder die Gesundheitsgefährdung minimiert ist,
- sie am Arbeitsplatz mit brennbaren Luftverunreinigungen keine Brand- und Explosionsgefahr bildet.

Eine Ausbreitung von Luftverunreinigungen auf andere Arbeitsbereiche soll vermieden werden.

3 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser DGUV Regel werden folgende Begriffe festgelegt:

Abluft

siehe „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1.

Absauganlagen/Absaugungen

sind lüftungstechnische Einrichtungen zur Erfassung, Weiterleitung und gegebenenfalls Abscheidung der bei Arbeitsprozessen freigesetzten Luftverunreinigungen.

Abscheider

werden eingesetzt, um Luftverunreinigungen aus der Luft zu entfernen. Man unterscheidet Einrichtungen zum Abscheiden von

- festen oder flüssigen Luftverunreinigungen (Partikelabscheider),
- gas- oder dampfförmigen Luftverunreinigungen (Gasabscheider).

Absorption

ist das Eindringen eines Gases in eine Flüssigkeit oder einen Festkörper.

Adsorption

ist die Anlagerung von Gasen an der Oberfläche eines Festkörpers.

Aerosole

sind heterogene Gemische aus Luft und luftgetragenen Partikeln (fest oder flüssig). Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Aerosole mit festen Partikeln als Rauche oder Stäube, Aerosole mit flüssigen Partikeln als Nebel bezeichnet.

Außenluft

siehe „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1.

Erfassungseinrichtungen

sind lufttechnische Bauteile, die dazu dienen, luftfremde Stoffe ortsnahe an der Austritts- oder Entstehungsstelle abzusaugen, so dass diese Verunreinigungen möglichst nicht in den Atembereich oder den Arbeitsbereich der Beschäftigten gelangen können.

Erfassungsluft

siehe „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1.

Fortluft

siehe „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1.

Freie Lüftung (auch als natürliche Lüftung bezeichnet)

erfolgt über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, über Fenster, Türen oder auch dafür vorgesehene Öffnungen und Schächte. Die Raumluft wird aufgrund von Druckunterschieden infolge von Wind- oder Temperaturdifferenzen gegen Außenluft ausgetauscht.

KMR-Stoffe

sind Stoffe, die

- gemäß Tabelle 3 des Anhangs VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (GHS-Verordnung, CLP-Verordnung) bis einschließlich Anhang VI der Verordnung (EU) Nr. 2017/776 als krebserzeugend, keimzellmutagen (erbgutverändernd) oder reproduktionstoxisch (fortpflanzungsgefährdend und fruchtschädigend) eingestuft sind,
- in der TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“ aufgeführt werden oder
- in der TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“ verzeichnet sind.

In dieser Regel werden ausschließlich KMR-Stoffe der Kategorien 1A und 1B behandelt.

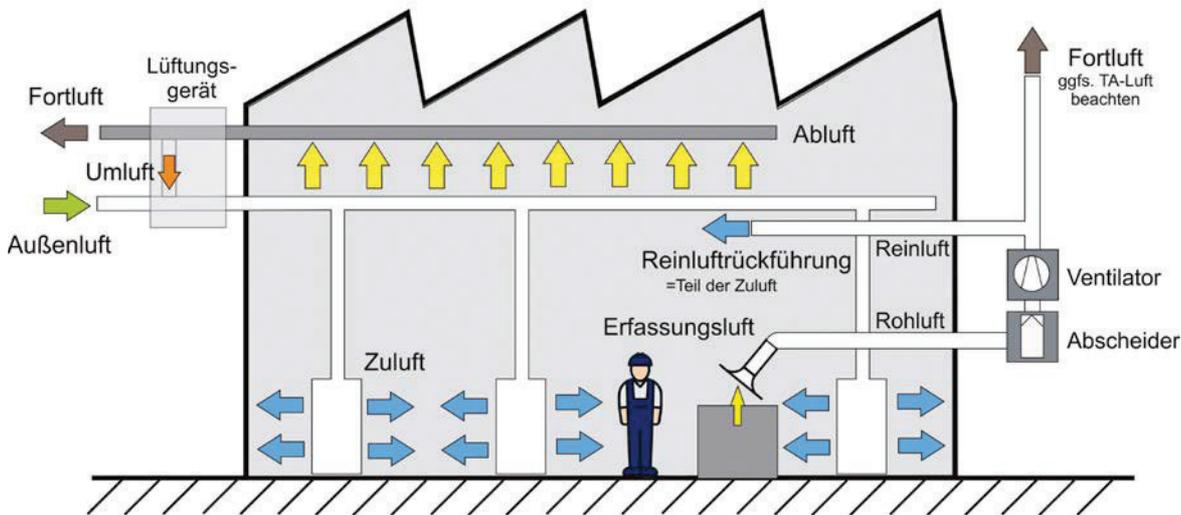


Abb.1 Darstellung der verschiedenen Luftarten

Luftarten

Bei der Beschreibung von lufttechnischen Anlagen werden in der Folge die nachstehenden Bezeichnungen und Farben für die einzelnen Luftarten verwendet.

Luftfremder Stoff

ist ein unerwünschter, eventuell gesundheitsgefährdender Stoff in Form von Gas, Dampf, Staub, Nebel oder Rauch in der Luft. Bei luftfremden Stoffen kann es sich um Biostoffe im Sinne der Biostoffverordnung oder um Gefahrstoffe im Sinne der Gefahrstoffverordnung handeln.

Tabelle 1 Definition der verschiedenen Luftarten

Luftart	Farbe	Definition
Außenluft	Grün	Unbehandelte Luft, die von außen in die Anlage oder in eine Öffnung einströmt
Zuluft	Blau	Die gesamte dem Raum zuströmende Luft
Abluft	Gelb	Die aus dem Raum abgeführte Luft ohne die Erfassungsluft
Umluft	Orange	Die Abluft, die in einer Anlage zur Raumlüftung als Teil der Zuluft wiederverwendet wird
Fortluft	Braun	Die ins Freie abgeführte Luft
Erfassungsluft	Gelb	Luftstrom, der über die Erfassungseinrichtung abgeführt wird, um luftfremde Stoffe aus dem Arbeitsbereich zu entfernen Dieser Luftstrom wird häufig auch als Rohluft bezeichnet.
Rohluft	–	Erfassungsluft vor dem Abscheider
Reinluft	–	Erfassungsluft nach dem Abscheider
Zurückgeführte Luft/ Rückluft	Blau	Erfassungsluft, die nach Behandlung (z. B. Reinigung, Trocknung) demselben Raum wieder zugeführt wird

Luftleitungen

haben innerhalb einer lufttechnischen Anlage die Aufgabe, Luft zu verteilen, zu sammeln und zu transportieren.

Prozesslufttechnische Anlage (PLT-Anlage)

beseitigt durch den Prozess freigesetzte Stoff- oder Energieströme (z. B. Absauganlagen für Gefahrstoffe), versorgt einen Fertigungsprozess mit der benötigten Luft (z. B. pneumatische Förderung, Verbrennungsluft für Öfen), oder stellt den für den Ablauf eines Prozesses notwendigen Luftzustand her (z. B. Reinraum, Kühlraum, Messraum).

Wird zum Ausgleich der Luftbilanz eine Anlage zum Nachführen der aus dem Raum abgesaugten Luftströme benötigt, ist auch diese Anlage Bestandteil der prozesslufttechnischen Anlage.

Im Gegensatz dazu versorgt eine Raumluftechnische Anlage (RLT-Anlage) einen Raum mit der für den Menschen gesundheitlich zuträglichen und behaglichen Raumlufqualität und beseitigt die durch die menschliche Nutzung freigesetzten Stoff- und Energielasten (z. B. Ausgasungen aus Mobiliar, ausgeatmetes CO₂, Sonneneinstrahlung und Radon aus dem Boden).

Reinluft

siehe „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1.

Reinluftrückführung

ist die Rückführung der durch Absaugung erfassten und in Abscheidern gereinigten Luft („Reinluft“) in den Arbeitsbereich (siehe auch unter Begriff „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1).

Rohluft

siehe „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1.

Umluft

siehe „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1.

Wärmerückgewinnungssystem

ist ein System, mit dem die Wärme aus der Abluft zurückgewonnen wird, wenn sie als Fortluft nach draußen geführt wird.

Zugluft

ist eine Luftbewegung, die vom Menschen als störend empfunden wird, weil sie zu einer lokalen Abkühlung, besonders an unbedeckten Körperflächen, führt. Zugluft kann sowohl durch freie Lüftung als auch durch PLT- oder RLT-Anlagen hervorgerufen werden.

Zuluft

siehe „Luftarten“ Abbildung 1 und Tabelle 1.

4 Gefährdungsbeurteilung und Schutzmaßnahmen

Aus der Gefahrstoffverordnung, der Biostoffverordnung und der Betriebssicherheitsverordnung ergibt sich die Verpflichtung für Unternehmer und Unternehmerinnen, vor Aufnahme einer Tätigkeit eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und daraus Schutzmaßnahmen abzuleiten, umzusetzen und auf ihre Wirksamkeit zu prüfen.

4.1 Ermittlung der Gefährdungen

Wird die Luft am Arbeitsplatz durch Tätigkeiten mit Gefahrstoffen oder Biostoffen verunreinigt oder werden bei Tätigkeiten Gefahrstoffe oder Biostoffe freigesetzt, sind die damit verbundenen Gefährdungen zu ermitteln.

Folgendes muss ermittelt werden:

- die Art der Luftverunreinigung
- die relevanten gefährlichen Eigenschaften (z. B. physikalisch, chemisch, biologisch)
- die Art der Freisetzung
- die freigesetzte Menge

4.2 Beurteilung der Gefährdungen

Sind Gefährdungen durch Gefahrstoffe oder Biostoffe in der Luft am Arbeitsplatz festgestellt worden, muss die Exposition der Beschäftigten beurteilt werden. Danach ist zu bewerten, ob das bestehende Risiko akzeptabel ist oder ob weitere Maßnahmen notwendig sind.

Die Beurteilung der inhalativen Exposition erfolgt nach TRGS 402 und kann, je nach betroffenem Gefahrstoff, auf verschiedene Arten erfolgen:

- **Vergleich mit gleichartigen Arbeitsplätzen**
Messwerte oder Gefährdungsbeurteilungen für Arbeitsplätze mit vergleichbaren Randbedingungen können übertragen werden.
- **Anwendung verfahrens- und stoffspezifischer Kriterien (VSK) (TRGS 420)**
Für verschiedene Verfahren existieren VSK. Wenn Tätigkeiten entsprechend einem VSK ausgeübt werden, kann davon ausgegangen werden, dass die umgesetzten Schutzmaßnahmen ausreichend sind. Alle VSK werden in der TRGS 420 veröffentlicht.
- **Empfehlungen zur Gefährdungsbeurteilung der Unfallversicherungsträger (EGU)**
EGU werden als DGUV Informationen 213-701ff (z. B. DGUV Information 213-724 „Hartmetallarbeitsplätze“) veröffentlicht.
- **Expositions- oder Verfahrensbeschreibungen der Unfallversicherungsträger oder Fachverbände**

Tabelle 2 Beispiele für Luftverunreinigungen

Luftverunreinigung	Material/Stoff	Entstehung/Freisetzung
Stäube, Rauche (Aggregatzustand fest)	Metalle, Holz, Kunststoff, Getreide, Düngemittel, Mineralien, Pharmaprodukte...	Schweißen, Schneiden, Löten, Sägen, Fräsen, Schleifen, Pulverbeschichten, Mischen, Fördern, Reparieren...
Tröpfchen, Nebel (Aggregatzustand flüssig)	Kühlschmierstoffe, Öle, Lacke...	Drehen, Fräsen, Bohren, Spritzlackieren, Sprühen ...
Gase, Dämpfe (Aggregatzustand gasförmig)	Lösemittel, Prozessgase, Kühlschmierstoffe, nitrose Gase...	Verdünnen, Reinigen, Spritzgießen, Drehen, Fräsen, Schweißen, Schneiden, Löten...

- **Vergleich von Mess- oder Rechenwerten mit Grenz- oder Beurteilungswerten**

- Ist für einen Gefahrstoff ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) festgelegt, sind bei seiner Einhaltung akute oder chronisch schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit nicht zu erwarten. Die AGW sind in der TRGS 900 veröffentlicht.
- Für KMR-Stoffe, für die kein AGW abgeleitet werden konnte, sind in der TRGS 910 Expositions-Risiko-Beziehungen mit Akzeptanzkonzentration (AK) und Toleranzkonzentration (TK) veröffentlicht.
- Sind keine verbindlichen AGW festgelegt, können auch andere Beurteilungswerte wie EU-Grenzwerte, MAK-Werte, DNEL (Derived No Effect Level) und internationale Grenzwerte herangezogen werden. Informationen können z. B. der Gestis-Stoffdatenbank, der Gefahrstoffliste des IFA und der Grenzwerteliste des IFA entnommen werden.
www.dguv.de (webcode: d6247)

- **Anwendung des Stands der Technik**

Werden Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik eingesetzt, kann das Risiko als ausreichend minimiert betrachtet werden (TRGS 460 „Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik“).

Bei dem Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ nach TRGS 402 ist das Risiko akzeptabel. Zeigt der Befund jedoch, dass die Schutzmaßnahmen nicht ausreichen, müssen sie optimiert oder weitere Schutzmaßnahmen festgelegt werden.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist auch die Brand- und Explosionsgefahr zu beurteilen. Die Ermittlung der erforderlichen Brandschutzmaßnahmen kann nach TRGS 800 erfolgen. Das Vorliegen von Explosionsgefahren und die erforderlichen Maßnahmen sind zum Beispiel nach TRGS 720ff./TRBS 2152 zu beurteilen.

Die Maßnahmen sollen nach der von Arbeitsschutzgesetz und Gefahrstoffverordnung vorgegebenen Rangfolge gewählt werden (siehe Kapitel 4.3). In dieser DGUV Regel werden nur lufttechnische Maßnahmen betrachtet.

Lufttechnische Maßnahmen stellen unter Umständen neue Gefährdungen dar (z. B. Lärm, Brand- und Explosionsgefahr, Keimwachstum, Zugluft). Darum müssen diese Gefährdungen vor der Umsetzung lufttechnischer Maßnahmen zusätzlich beurteilt werden.

4.3 Rangfolge der Schutzmaßnahmen

Nach Gefahrstoffverordnung oder Biostoffverordnung müssen Unternehmerinnen und Unternehmer Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen oder Biostoffen ausschließen. Ist das nicht möglich, müssen sie Schutzmaßnahmen treffen, die die Gefährdungen auf ein Minimum reduzieren.

Für die Auswahl von Schutzmaßnahmen ist die durch die Gefahrstoffverordnung § 7, Abs. (4) vorgegebene Rangfolge (**STOP**-Prinzip) zu beachten:

Substitution

- Verwendung ungefährlicher oder weniger gefährlicher Stoffe
- Verwendung weniger gefährlicher Verfahren

Technische Maßnahmen

- Gestaltung des Verfahrens mit dem Ziel einer Verringerung der Emissionen
- Verwendung geeigneter Arbeitsmittel nach dem Stand der Technik
- Erfassung an der Austritts- oder Entstehungsstelle
- Maßnahmen zur Raumlüftung

Organisatorische Maßnahmen

- Verkürzung der Expositionszeit der Beschäftigten
- Reduzierung der Anzahl der betroffenen Beschäftigten

Persönliche Maßnahmen

- Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung (Atemschutz)

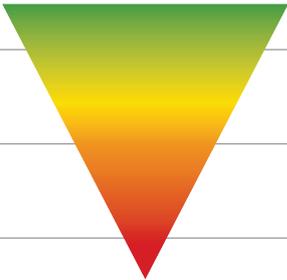
Das Schutzziel soll durch Substitution, technische oder organisatorische Schutzmaßnahmen oder eine Kombination dieser Maßnahmen erreicht werden. Persönliche Schutzmaßnahmen sind bei Bedarf ergänzend zu verwenden.

Im Rahmen dieser DGUV Regel werden nachfolgend nur die lufttechnischen Schutzmaßnahmen betrachtet (siehe Kapitel 5).

In Tabelle 3 wird die Rangfolge der technischen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von luftfremden Stoffen in der Atemluft am Arbeitsplatz dargestellt.

Vorrangig müssen Unternehmerinnen und Unternehmer die nach dem Stand der Technik am besten geeigneten Einrichtungen zur Arbeitsplatzlüftung auswählen und unter Beachtung der nachfolgenden Anforderungen (Kapitel 5) auslegen, errichten, betreiben und auf ihre Wirksamkeit prüfen.

Tabelle 3 Rangfolge der Schutzmaßnahmen

	Schutzziel	Schutzmaßnahme	Wirksamkeit
1	Vermeiden von Emissionen	Gestaltung des Verfahrens	kollektiv wirksamste Lösung
2	Erfassen der Emissionen (Kapitel 5.1)	Erfassung an der Emissionsstelle	
3	Austausch von Raumluft (Kapitel 5.2)	Raumlüftung	
4	Atemschutz	Anwendung persönlicher Schutzausrüstung (Atemschutz)	

¹ PSA: **P**ersönliche **S**chutzausrüstung

5 Lufttechnische Maßnahmen

In Kapitel 4.3 wurde ausgeführt, wie lufttechnische Maßnahmen in die Rangfolge der Schutzmaßnahmen einzuordnen sind. Innerhalb der lufttechnischen Maßnahmen „Erfassen der Emissionen“ (Kapitel 5.1) und „Austauschen von Raumluft“ (Kapitel 5.2) wird zwischen verschiedenen Prinzipien unterschieden, bei deren Umsetzung auch eine Rangfolge zu beachten ist.

Die Gesamtheit der lufttechnischen Schutzmaßnahmen hinsichtlich Wirksamkeit und Kosten ist in Abbildung 2 dargestellt.

Die Abbildung zeigt eine grobe Bewertung der technischen Lüftungsarten in Bezug auf ihre Erfassungswirkung, den notwendigen Volumenstrom und die zu erwartenden Gesamtkosten der kontrollierten Luftführung.

5.1 Erfassung der Emissionen

Werden Luftverunreinigungen freigesetzt, müssen sie entsprechend dem Stand der Technik an ihrer Emissions-

stelle vollständig erfasst und ohne Gefahr für Mensch und Umwelt fortgeleitet und beseitigt werden (siehe GefStoffV).

Folgende Bauarten von Erfassungseinrichtungen werden unterschieden:

- geschlossene Bauart (Kapselung und Einhausung des Prozesses)
- halboffene Bauart
- offene Bauart

In der angegebenen Reihenfolge nimmt die Störanfälligkeit der Erfassung gegenüber Querströmungen zu und folglich das Leistungsverhältnis aus Erfassungsgrad und Energieeinsatz ab. Daher sollte bei der Auswahl der Erfassungseinrichtung die genannte Rangfolge umgesetzt werden. Häufig ist eine Kombination verschiedener Erfassungseinrichtungen erforderlich.

Beispiel: Bei der Verwendung von handgeführten Schleifmaschinen ist das Schutzziel (Einhaltung des Gefahrstoffgrenzwerts) oftmals nur durch eine Kombination der Absaugung an der Maschine mit einer Absaugwand erreichbar.

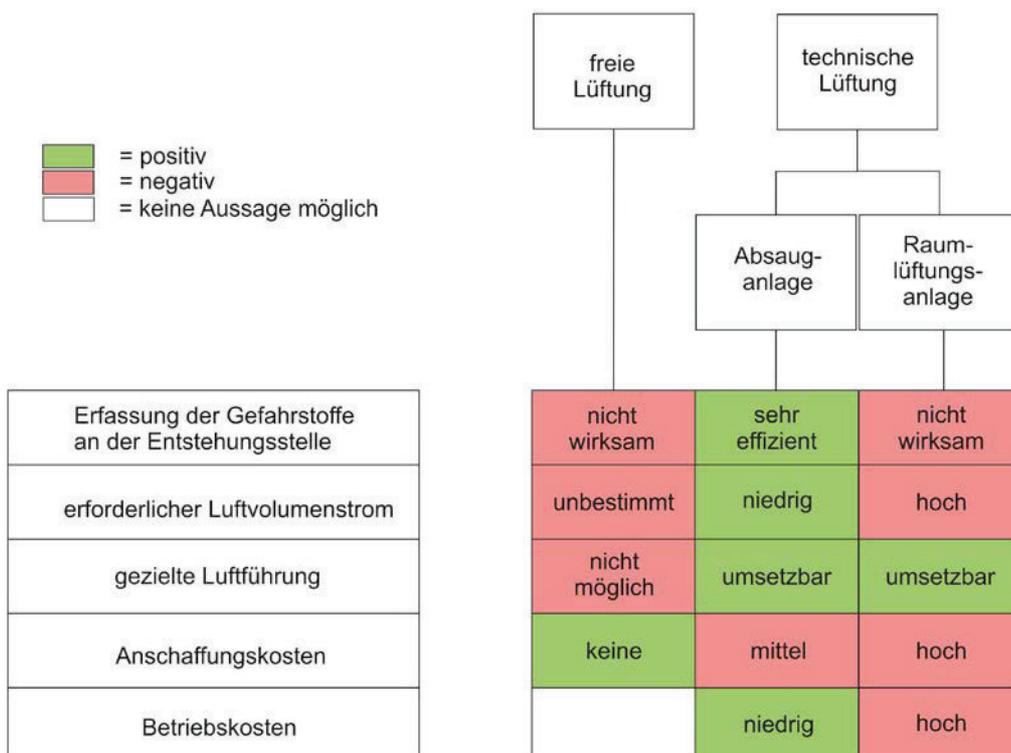
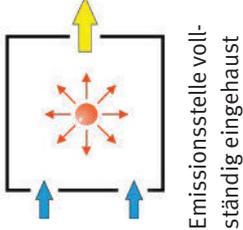
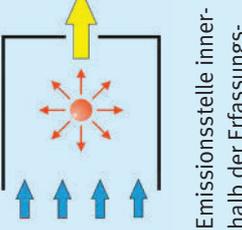
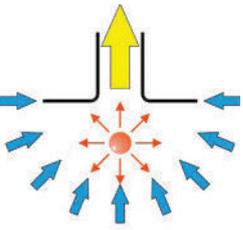


Abb. 2 Beschreibung der Wirksamkeit der Lüftungsarten

Tabelle 4 Bauarten von Erfassungseinrichtungen

Bauart	Schema	Wirkungsweise	Beispiele
geschlossen (z. B. Kapselung, Einhausung)	 <p>Emissionsstelle vollständig eingehaust</p>	Die Erfassungseinrichtung umschließt die Emissionsstelle allseitig nahezu vollständig; die belastete Luft wird aus dem umschlossenen Raum abgesaugt; Luft strömt aus der Umgebung gezielt durch Öffnungen nach.	
halboffen (z. B. Absaugstand, Abzugsschrank, Werkzeugeinkleidung)	 <p>Emissionsstelle innerhalb der Erfassungseinrichtung</p>	Die Emissionsstelle liegt innerhalb der Erfassungseinrichtung, die abgesaugt wird; die Luft kann nur aus einer Richtung gezielt nachströmen (offene Seite).	
offen (z. B. Saugrohr, Saugrohr mit Flansch / Düsenplatte, Absaugtrichter, Absaughaube, Badabsaugung)	 <p>Emissionsstelle außerhalb der Erfassungseinrichtung</p>	Die Emissionsstelle liegt außerhalb der Erfassungseinrichtung, die nachströmende Luft kommt aus verschiedenen Richtungen (undefinierte Nachströmung).	

Legende:



Emissionsstelle

➡ Nachströmende Luft

➡ Abgesaugte Luft

Für die gleiche Wirksamkeit der Erfassung fordert eine offene Bauart wesentlich größere Luftströme als eine halboffene oder geschlossene Bauart.

Erfassungsbereich von Erfassungseinrichtungen offener Bauart

Der Luftstrom, der durch ein Erfassungselement (z. B. Düsenplatte, Absaugtrichter, Absaughaube) gesaugt wird, erzeugt ein Saugfeld. Die Form und die Größe des Saugfelds, die wiederum vom Luftvolumenstrom abhängig sind, lassen sich durch Isotachen (Linien gleicher Luftgeschwindigkeit) beschreiben.

Abbildung 3 zeigt ein einfaches Saugrohr und ein Saugrohr mit Düsenplatte mit dem Durchmesser D und der Strömungsgeschwindigkeit v_0 im Rohr. Zusätzlich ist noch das Saugfeld mit den Isotachen dargestellt (mit prozentuaalem Anteil von 50 %, 30 %, 15 % und 7,5 % der Strömungsgeschwindigkeit v_0). Mit zunehmendem Abstand zur Rohröffnung reduziert sich die Strömungsgeschwindigkeit drastisch. Im Abstand D vor dem Saugrohr ist die Strömungsgeschwindigkeit auf nur noch 7,5 % von v_0 gesunken.

Ein Flansch an der Öffnung des Saugrohrs erweitert das Saugfeld.

Um einen Gefahrstoff an der Emissionsstelle erfassen zu können, muss die Erfassungsgeschwindigkeit größer sein als die Eigengeschwindigkeit des freigesetzten Gefahrstoffs. Richtwerte für die Strömungsgeschwindigkeiten in Luftleitungen und Erfassungsgeschwindigkeiten werden in Tabelle 6 und Tabelle 7 aufgeführt.

5.2 Austauschen der Raumluft

Ist eine vollständige Erfassung nach Kapitel 5.1 – auch bei Einsatz sich ergänzender Erfassungseinrichtungen – nicht möglich, sind zusätzliche raumluftechnische Maßnahmen zu treffen.

Eine Anlage zur Raumlüftung hat die Aufgabe, für eine definierte Luftdurchströmung des gesamten Raums oder des betroffenen Raumbereichs zu sorgen.

Die Art und Weise, wie die Luft den Raum durchströmt und die im Raum vorhandene Luft ersetzt, bestimmt die Wirksamkeit der Lüftung. Im Wesentlichen können folgende Arten der Luftführung unterschieden werden:

- Verdrängungsströmung
- Schichtströmung
- Mischströmung
- freie Lüftung

Folgende Prinzipien müssen bei der Planung von Anlagen zur Raumlüftung beachtet werden:

- Ein Überströmen von Raumluft und darin enthaltenen Luftverunreinigungen in benachbarte Räume ist zu vermeiden.
- Grundsätzlich sollte die Luftführung so gestaltet werden, dass die Luft von unbelasteten Arbeitsplätzen zu belasteten Arbeitsplätzen strömt.
- Fortluft- und Außenluftöffnungen müssen so zueinander angeordnet sein, dass die Fortluft oder Teile davon nicht wieder angesaugt und in den Raum zurückgeführt werden (Kurzschlusslüftung). Gleiches gilt auch für Zuluft- und Abluftöffnungen im Raum.

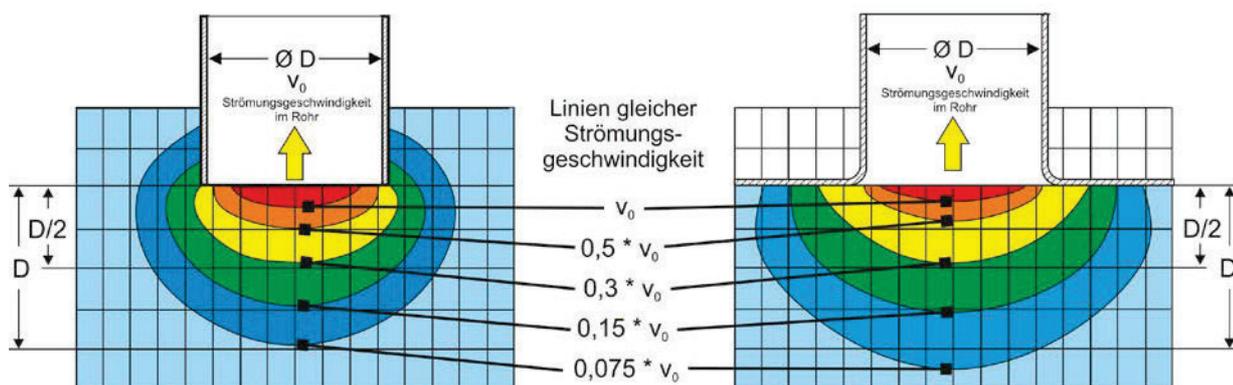


Abb. 3 Vergleich der Saugfelder vor einem Saugrohr und vor einem Saugrohr mit Düsenplatte

- Die Luftführung soll so gewählt sein, dass die natürliche Bewegungsrichtung (z. B. Thermik) der verunreinigten Luftströme unterstützt wird. Die Luftverunreinigungen dürfen dabei nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt werden. Die Zuluft muss zur Unterstützung der Luftführung in geeigneter Weise zugeführt sein.

Zur Ermittlung der notwendigen Zu- und Abluftvolumenströme von Anlagen zur Raumlüftung muss eine genaue Analyse der Lasten (Stoffe, Wärme, Feuchte) erfolgen. Eine Hilfestellung bietet unter anderem die VDI Richtlinie 2262 Blatt 3.

5.2.1 Verdrängungsströmung

Durch die möglichst gleichmäßige Zufuhr der Zuluft über eine große Fläche werden die Emissionen aus dem Raum verdrängt. Verdrängungslüftung ist aufgrund des hohen erforderlichen Luftvolumenstroms nur bei sehr hohen Anforderungen an die Luftqualität oder bei hohen Gefahrstofflasten zweckmäßig (z. B. Lackierkabinen).

Die Zu- und Abluft im Raum soll so geführt werden, dass gefahrstoffhaltige Luft nicht in den Atembereich von Beschäftigten gelangt. Die Luftführung kann sowohl horizontal als auch vertikal erfolgen. Die Eigenbewegung (Thermik, Eigenimpuls) der Stoffe soll dabei genutzt werden.

5.2.2 Schichtströmung

Sind in einem Raum Wärmequellen vorhanden (z. B. Öfen, Maschinen, warme Produkte, viele Menschen) werden mit dem dabei entstehenden Thermikstrom Stoff- und Wärmelasten nach oben transportiert, wo sie dann abgeführt werden sollen. Bei der Schichtströmung wird der durch Thermik aufsteigende Luftstrom durch unbelastete Zuluft im Bodenbereich ersetzt. Dadurch wird ein Rückströmen belasteter Luft aus dem Deckenbereich verhindert. So entsteht im Arbeitsbereich eine weitgehend unbelastete Luftschicht.

Abb. 4
Verdrängungsströmung am Beispiel einer Lackierkabine mit vertikaler Luftführung

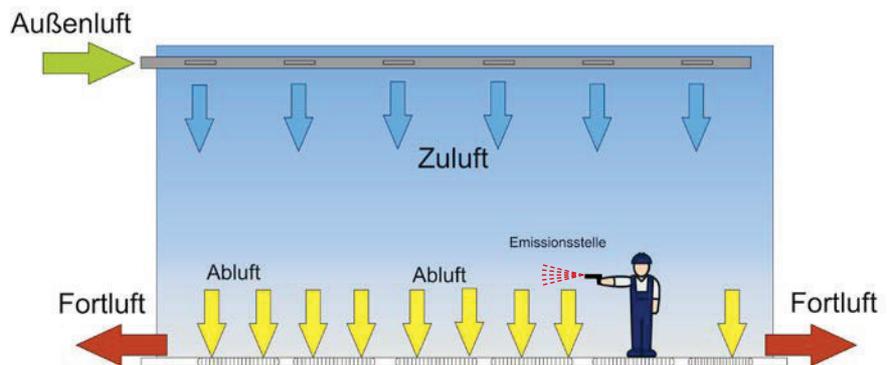
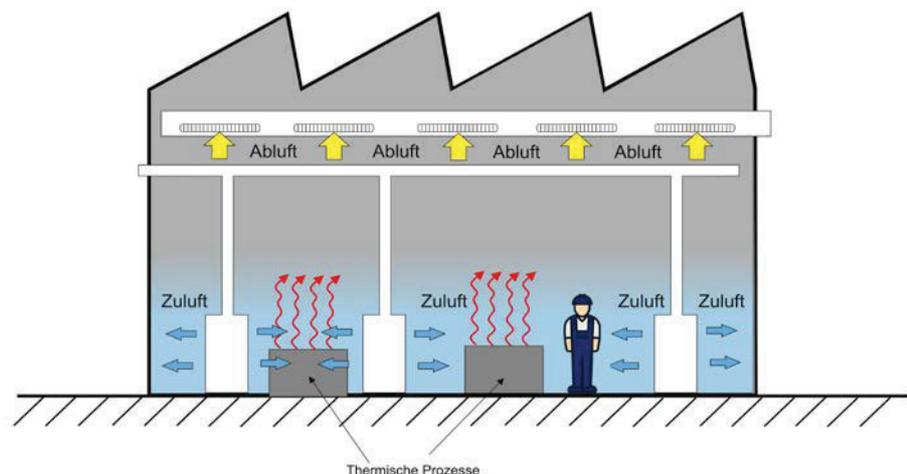


Abb. 5
Prinzip Schichtströmung



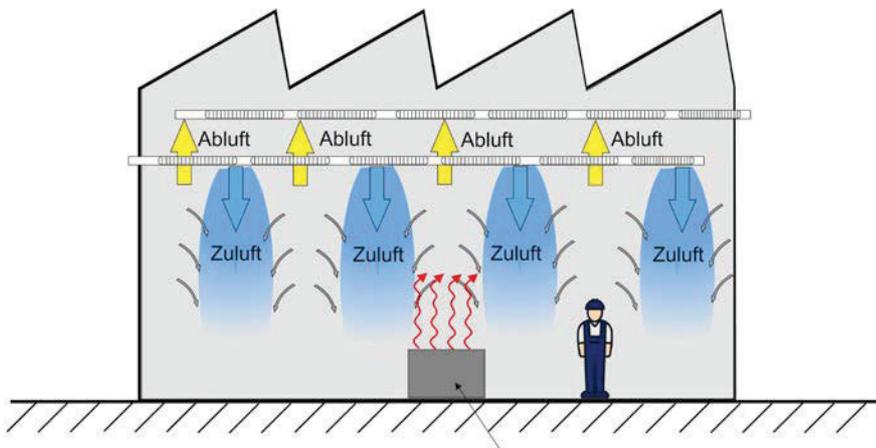


Abb. 6
Prinzip Mischströmung

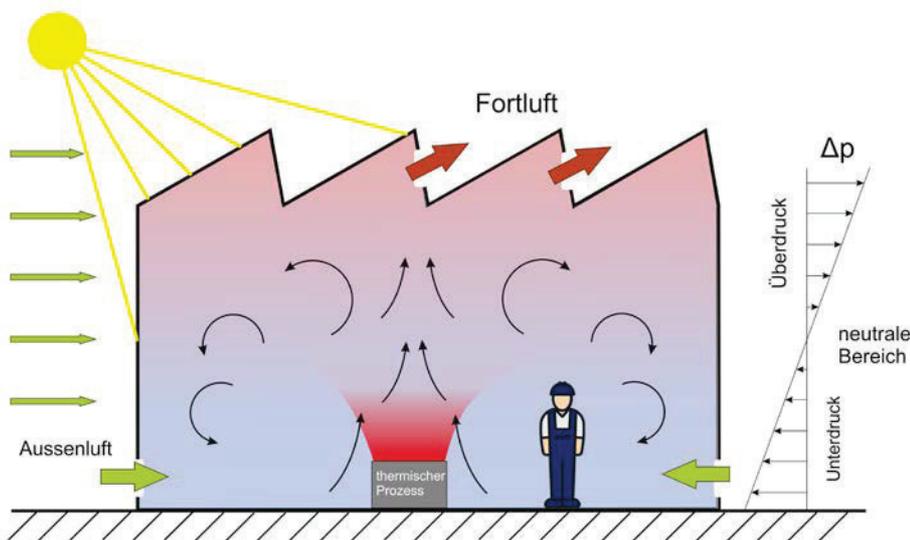


Abb. 7
Prinzip der freien Lüftung mit Darstellung der Druckunterschiede im Innenraum

5.2.3 Mischströmung

Zuluft wird mit großem Impuls in den Raum eingebracht und vermischt sich mit der belasteten Raumluft. Auf diese Weise wird eine Verdünnung der Konzentration der Luftverunreinigungen in der Raumluft erreicht.

Die Mischströmung ist nicht geeignet für Hallen mit hohen Wärmelasten und ist auch nicht geeignet zur gerichteten Abführung von Stofflasten.

5.2.4 Freie Lüftung

Freie Lüftung ist der Luftaustausch von Raumluft gegen Außenluft durch Druckunterschiede (Δp) infolge von Wind oder Temperaturdifferenzen mit Hilfe von Zu- und Abluftöffnungen im Raum.

Die Lage des neutralen Bereichs wird durch die thermische Last und die Druckverhältnisse innerhalb und außerhalb des Gebäudes bestimmt. Im neutralen Bereich ist der Innendruck gleich dem Außendruck. Eine Anordnung von Lüftungsöffnungen in diesem Bereich hätte zur Folge, dass kein Luftaustausch stattfindet.

Der durch freie Lüftung erreichbare Luftaustausch ist abhängig von Faktoren wie Dichtigkeit des Gebäudes, der Fenster, Türen und Tore und ihrer Nutzung, von Wind und Wetter und von inneren thermischen Lasten. Der Luftaustausch schwankt stark und ist schwer beeinflussbar. Die freie Lüftung ist damit zum Beseitigen von Gefahrstoffen oft nicht geeignet.

6 Komponenten für lufttechnische Maßnahmen

6.1 Anforderungen an die Erfassung

Mit der Auswahl der für den Prozess am besten geeigneten Erfassungseinrichtung kann der Luftvolumenstrom der Erfassungsluft auf ein Minimum begrenzt werden. Wichtig sind Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften der freigesetzten oder entstehenden Gefahrstoffe (z. B.: Warme Schweißbrauche steigen in Raumluft auf, Lösemiteldämpfe können bei Raumtemperatur wegen höherer spezifischer Dichte als die Raumluft nach unten sinken.). Erfassungseinrichtungen sollten so gestaltet werden, dass die erzeugte Strömungsrichtung der Luft die Bewegungsrichtung der entstehenden Emissionen unterstützt und ihr nicht entgegenwirkt.

Bei stark impulsbehafteten Emissionen muss zunächst der Impuls mit geeigneten Einrichtungen (Prallbleche, Hauben als Puffer, Umlenkungen oder Wirbelhauben) vermindert werden, um die Emissionen dann mit einer Luftströmung erfassen zu können.

Für die Auswahl von Erfassungseinrichtungen gibt es folgende allgemeine Anforderungen:

- Erfassungseinrichtungen müssen strömungstechnisch so gestaltet werden, dass Luftverunreinigungen an der Emissionsstelle möglichst vollständig erfasst werden.
- Die räumliche Anordnung muss so umgesetzt werden, dass Luftverunreinigungen nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt werden und eine bestehende Raumlüftung in ihrer Wirksamkeit nicht nachteilig beeinflusst wird. Gegebenenfalls muss die Raumlüftung angepasst werden.
- Erfassungseinrichtungen müssen zu erwartenden Beanspruchungen (z. B. Abrasion, Korrosion) standhalten.

Tabelle 5 Reichweiten von Saugfeldern verschiedener Erfassungseinrichtungen

Erfassungseinrichtung	Ausführungsbeispiel	Saugreichweite bei 1200 m ³ /h		Luftstrom der Erfassungsluft bei v = 0,4 m/s und einer Saugreichweite von 300 mm
		(v = 0,3 m/s) ¹⁾	(v = 0,5 m/s) ²⁾	
Saugrohr Ø 150 mm ohne Flansch		ca. 290 mm	ca. 220 mm	ca. 1700 m ³ /h
Saugrohr Ø 150 mm mit Trichter Ø 300 mm		ca. 300 mm	ca. 240 mm	ca. 1600 m ³ /h
Saugrohr Ø 150 mm mit Düsenplatte 400 mm x 400 mm		ca. 340 mm	ca. 260 mm	ca. 1200 m ³ /h

v = Erfassungsgeschwindigkeit

¹⁾ Mittelwerte aus 30 Messpunkten in 2 um 90° versetzten Achsen

²⁾ Mittelwerte aus 26 Messpunkten in 2 um 90° versetzten Achsen

- Erfassungseinrichtungen sollten mit Vorrichtungen (z. B. Gitter, Maschendraht oder Prallblechen) ausgerüstet sein, die das Einsaugen unerwünschter Teile (z. B. Späne, Werkstücke, glühende Partikel) in die Luftleitungen minimieren.

Erfassungseinrichtungen müssen den brandschutztechnischen Anforderungen genügen. Sie sind so zu gestalten, dass sich brennbare oder ölnebelhaltige Stäube in ihnen nicht ablagern und Glutnester bilden können bzw. derartige Ablagerungen leicht entfernt werden können (z. B. durch einen Vorabscheider).

Die Düsenplatte hat deutliche Vorteile wegen eines größeren Erfassungsbereichs und einer geringeren Empfindlichkeit gegen Querströmungen.

Für die flächige Absaugung von zum Beispiel Industriebädern können nebeneinander angeordnete Düsenplatten verwendet werden. Sie erfordern gegenüber einer konventionellen Schlitzabsaugung deutlich geringere Erfassungsluftströme. Ein Beispiel für die Anwendung einer Mehrfachdüsenplatte anstelle einer Schlitzabsaugung stellt die Randabsaugung eines Industriebads dar (siehe Abbildung 8).

Eine Wirbelhaube (siehe Abbildung 9) besteht prinzipiell aus zwei gegenüberliegenden, runden Düsenplatten, die über ein Leitblech miteinander verbunden sind. Wirbelhauben dienen zum Beispiel der Erfassung von Schleifstäuben.

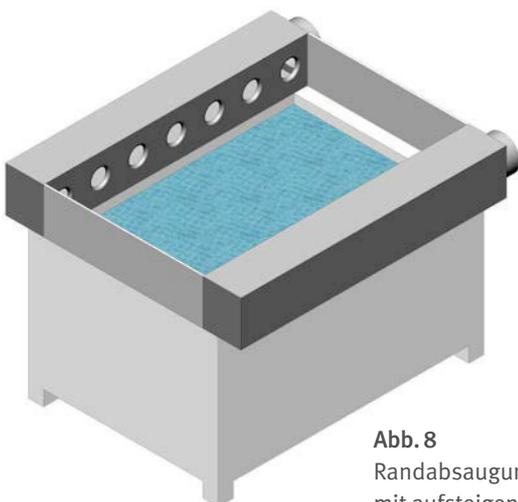


Abb. 8
Randabsaugung bei Bädern mit aufsteigenden Dämpfen

Vorteilhaft ist ihr Einsatz bei Tätigkeiten mit impulsbehafteten Emissionen im Bereich eines Arbeitstischs, zum Beispiel beim Gussputzen. Wirksam ist die Erfassung hier jedoch nur bei einer Freisetzung der Emissionen in Richtung der Wirbelhaube!

Durch Anwendung von Hilfsmitteln wie Drehtellern beim Schleifen zur strömungstechnisch und ergonomisch günstigeren Positionierung der Bauteile kann die Emissionsfreisetzung in Richtung Wirbelhaube optimiert werden.

Für die strömungstechnische Gestaltung und Dimensionierung von Wirbelhauben sind Kenntnisse über die abausaugenden Emissionen und ihre Ausbreitung erforderlich. Wirbelhauben zeichnen sich dadurch aus, dass ein Saugfeld nahezu gleichmäßig über die gesamte Breite der Haube erzeugt wird (durch beidseitige Absaugstutzen). Durch die Ausbildung eines Strömungswirbels (Wirbelsenke) innerhalb der Haube entstehen sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten in den Randzonen des Strömungswirbels, die den Erfassungsgrad erhöhen.

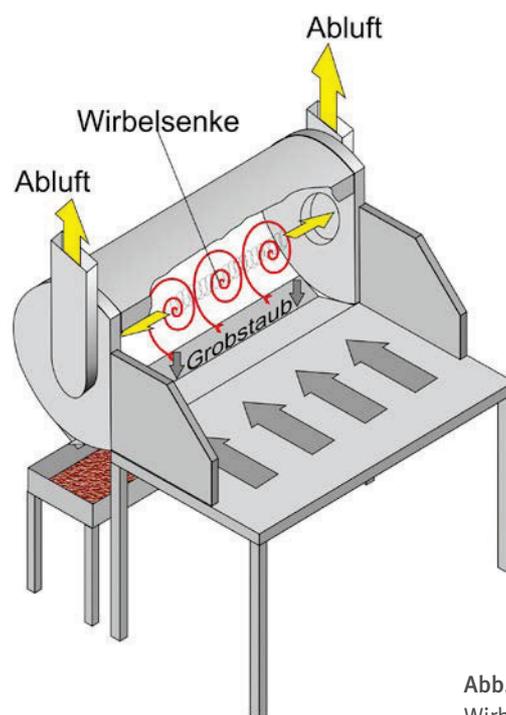


Abb. 9
Wirbelhaube

Tabelle 6 Richtwerte für die Erfassungsgeschwindigkeit für verschiedene Anwendungsfälle in Anlehnung an VDI 2262-4 und BGIA-Report 5/2005 „Lufttechnik in Industriehallen“

Anwendungsfall oder abzusaugende Gefahrstoffe	Mindest-Erfassungsgeschwindigkeit [m/s]
Partikel, Rauche, Gase, Dämpfe mit geringer Eigengeschwindigkeit (unbeheizte Bäder, Tanks)	0,25–0,4
Lötrauch, Schweißrauch	0,3–0,5
Gase, Dämpfe mit unterstützender Eigenbewegung (z. B. über erwärmten Industriebädern mit Randabsaugung – Thermik)	0,3–0,5
Stäube	0,4–0,8
Pulverbeschichten, Spritzlackieren	0,3–0,5
Sackabfüllung von staubenden Schüttgütern	0,5–1
Mittlere Eigengeschwindigkeit (z. B. starke thermische Konvektion), gleichgerichtet mit austretendem Partikelstrom	0,5–1
Metallspritzen (gleichgerichtet mit austretendem Partikelstrom)	0,75–1,0
Metallrauch, Gase in Gießerei	0,75–1,0
Metallrauch beim Brennschneiden/Plasmaschneiden (Absaugung gleichgerichtet nach unten)	1,0–1,4
Gase, Dämpfe mit entgegengesetzter Eigenbewegung (z. B. Schweißtische oder Formkastenentleerung in Gießerei mit Absaugung nach unten)	1,0–3,5
Strahlarbeiten im Raum	0,3–6,5

Bei offenen Erfassungseinrichtungen sind, je nach Anwendungsfall und abzusaugenden Gefahrstoffen, für die Erfassung im Saugfeld die in Tabelle 6 angegebenen Mindest-Erfassungsgeschwindigkeiten erforderlich.

An der Emissionsstelle der Gefahrstoffe sind mindestens diese Erfassungsgeschwindigkeiten zu gewährleisten, damit die Absauganlage überhaupt wirksam werden kann.

Die Wirkung von Erfassungseinrichtungen kann durch den Einsatz von gezielten Induktionsstrahlen (Blasstrahlen zur Luftführung) verbessert werden. Der damit direkt in die Erfassungseinrichtung eingebrachte Luftstrom sollte aber einen Betrag von 20 % des gesamten Erfassungsluftstroms nicht überschreiten. Der direkt eingebrachte Luftstrom ist zusätzlich über die Abluft abzuführen.

Absauganlagen

Für Tätigkeiten, die regelmäßig am gleichen Ort durchgeführt werden, sollten ortsfeste Absauganlagen eingesetzt werden. Diese Anlagen bieten weitergehende Möglichkeiten für Luftführung und Wärmerückgewinnung.

Bei wechselnden Arbeitsbereichen können mobile Absauganlagen eingesetzt werden.

Entstauber für den ortsveränderlichen Betrieb (EOB) dienen vorrangig zum Absaugen von luftgetragenen Stäuben, die zum Beispiel bei der Materialbearbeitung oder -verarbeitung (z. B. an Maschinen und handgeführten Geräten) anfallen. Einige EOB sind auch zum Aufsaugen von abgelagertem Staub geeignet.

Industriestaubsauger dienen ausschließlich zum Aufsaugen von abgelagertem Staub. Sie dürfen nicht als EOB eingesetzt werden.

Mobile Absauganlagen und Industriestaubsauger werden mit Luftrückführung betrieben. Daher sind hier die besonderen Anforderungen zur Luftrückführung zu beachten (siehe Kapitel 7).

6.2 Luftdurchlässe für Zuluft und Abluft

Luftdurchlässe für die Zuluft dienen dazu, den Zuluftstrom im Raum oder in Raumbereichen so zu verteilen, dass die angestrebte Raumluftströmung entsteht. Das Einbringen der Zuluft hat einen entscheidenden Einfluss auf die sich ausbildende Raumluftströmung.

Luftdurchlässe müssen der geplanten Luftführung und ihren Kenndaten entsprechend ausgewählt und betrieben werden, um die gewünschte Luftströmung zu erreichen.

Die Luft soll möglichst frei von Zugluft eingebracht werden. Davon kann abgewichen werden, wenn zum Erreichen des Schutzziels höhere Erfassungsgeschwindigkeiten erforderlich sind (z. B. Handlackierkabinen beim Spritzlackieren).

Luftdurchlässe sind so zu gestalten oder auszuwählen, dass durch Zuluft keine neuen Gefährdungen auftreten (z. B. Aufwirbeln von Staub, Einblasen verunreinigter Luft aus belasteten Bereichen). Eine Störung der Erfassung durch Querströmungen soll vermieden werden.

Luftdurchlässe für Abluft dienen zur Abführung der Luft aus Arbeitsräumen. Sie werden entsprechend der geplanten Luftführung ausgewählt und platziert.

Bei Luftdurchlässen ist auf gute Zugänglichkeit und Möglichkeit zur Reinigung zu achten.

6.3 Luftleitungen

6.3.1 Anforderungen an Luftleitungen

Innerhalb einer lufttechnischen Anlage haben Luftleitungen die Aufgabe, Luft zu transportieren, zu verteilen oder zu sammeln. Sie sind dabei – je nach Anwendung – unterschiedlichen Belastungen durch Gase (z. B. Korrosion), Dämpfe oder Stäube (z. B. Abrasion), Über- oder Unterdruck oder hohe/niedrige Temperaturen (z. B. Funken) ausgesetzt.

Eine sorgfältige Werkstoffauswahl und Dimensionierung ist daher für einen störungsfreien und wirtschaftlichen Betrieb unerlässlich.

Luftleitungen müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Luftleitungen sind so zu gestalten, zu dimensionieren und auszuführen, dass
 - der Austritt von Verunreinigungen in die Arbeitsumgebung durch Undichtigkeiten vermieden wird,
 - sie den zu erwartenden Beanspruchungen standhalten (Absaugschläuche sind hinsichtlich Material und Spiralabstand so zu wählen, dass sie sich durch den relativen Unterdruck nicht zusammenziehen oder gar abknicken. Im Bereich Hochvakuum-Absaugung muss auch bei Rohrleitungen auf ausreichende Unterdruckbeständigkeit geachtet werden.),
 - die Verwendung von Schläuchen in stationären Anlagen auf ein Minimum reduziert ist (z. B. nur in Bereichen, wo Bewegung gefordert ist); Schläuche haben in der Regel deutlich höhere Strömungswiderstände als vergleichbare Rohrleitungen,
 - das Ablagern von Stoffen im Luftleitungssystem möglichst vermieden wird (Dies wird erreicht, wenn die Richtwerte für die Strömungsgeschwindigkeit im Rohr nach Tabelle 7 eingehalten werden.),
 - sie für die zu transportierenden Stoffe geeignet sind (z. B. Korrosion, Abrasion),
 - zu hohe Strömungsgeräusche vermieden werden (Strömungsgeräusche deuten in der Regel auf unerwünschte Druckverluste hin und erhöhen den Lärmpegel am Arbeitsplatz.).

- Zur Kontrolle und zur Reinigung der Luftleitungen müssen von außen leicht zugängliche Öffnungen (Revisionsöffnungen) in ausreichender Anzahl vorhanden sein.
- Luftleitungen, in denen sich Kondensat bilden kann, sollten mit Ablasserichtungen ausgestattet werden. Leitungen sollten mit einer Neigung in Richtung der Ablasserichtung verlegt werden.
- Luftleitungen müssen sicher verlegt sein. Das bedeutet z. B.:
 - ausreichende Höhe über Arbeitsplätzen und Verkehrswegen,
 - angemessener Sicherheitsabstand zu kraftbewegten Betriebsmitteln,
 - ausreichende Befestigung auch unter Berücksichtigung eventueller Staubablagerungen in der Leitung,
 - ausreichende Befestigung für Belastungen durch Schwingungen.
- Luftleitungen müssen brandschutztechnischen Anforderungen genügen. Die brandschutztechnischen Anforderungen (z. B. Durchführung durch Brandwände) sollten mit den zuständigen Brandschutzstellen (z. B. Sachversicherungen, örtliche Feuerwehr) beraten werden.
- Damit auch an weiter entfernt liegenden Luftein- und auslassen die gewünschten Volumenströme erreicht werden, müssen an Luftdurchlässen, die näher an der lufttechnischen Anlage liegen, die Luftvolumenströme bei Bedarf mit Klappen einreguliert werden (hydraulischer Abgleich).

6.3.2 Dimensionierung der Leitungsquerschnitte

Die entscheidende Auslegungsgröße für einen wirtschaftlichen und störungsfreien Betrieb ist die Strömungsgeschwindigkeit der Luft in den Luftleitungen. Die Dimensionierung der Leitungsquerschnitte stellt jedoch immer einen Kompromiss dar, denn große Leitungsquerschnitte und damit einhergehend niedrige Strömungsgeschwindigkeiten senken zwar den Druckverlust und den Schallpegel, erhöhen aber den Platzbedarf und die Gefahr von Ablagerungen.

In der Praxis haben sich folgende Strömungsgeschwindigkeiten in Luftleitungen bewährt:

Tabelle 7 Empfehlungen für Strömungsgeschwindigkeiten in Luftleitungen zur Vermeidung von Ablagerungen

Bereich	Strömungsgeschwindigkeiten [m/s]
Komfortbereich, Zu- und Abluft, Reinluft	4 bis 7
Zuluft in Gewerbe/Industrie und Abluft mit leichten Verunreinigungen	5 bis 12
Abluft mit geringer Partikelbelastung (z. B. Schweißrauch), leichte Stäube	12 bis 15
Kühlschmierstoffe	12 bis 16
Abluft mit hoher Partikelbelastung (Entstaubung) oder schwere Partikel (Späne)	18 bis 24

6.4 Abscheider

Abscheider werden eingesetzt, um Luftverunreinigungen aus Abluft, Umluft oder Zuluft zu entfernen. Man unterscheidet Einrichtungen zum Abscheiden von

- festen oder flüssigen Luftverunreinigungen (Partikelabscheider/Aerosolabscheider),
- gas- oder dampfförmigen Luftverunreinigungen (Gasabscheider).

Bei gleichzeitigem Vorhandensein von partikel- und gasförmigen Luftverunreinigungen ist es üblich, zunächst die partikelförmigen Stoffe und anschließend die gasförmigen Stoffe aus dem Luftstrom abzutrennen.

Die Auswahl geeigneter Abscheider ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Diese DGUV Regel kann nur einen groben Überblick über die Bandbreite der Abscheider geben. Sowohl Kenntnisse über die Zustandsformen der freigesetzten Luftverunreinigungen als auch Kenntnisse über die Wirkungsweise, Eignung und Einsatzbereiche des Abscheiders sind hierfür zwingend erforderlich. Anforderungen an die Abscheider sind in den Kapiteln 7 „Reinlufrückführung und Umluft“ und 10.3 „Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen bei brennbaren Luftverunreinigungen/Abscheider“ beschrieben.

Beim Betrieb der Abscheider ist auf die Einhaltung des Betriebsbereichs zu achten. Der Abscheidegrad ist von verschiedenen Parametern abhängig (Volumenstrom, Partikelkonzentration, Anströmgeschwindigkeit, Temperatur-/Feuchtebereiche, Partikelgrößenverteilung, Aufbau und Art des Filtermediums, etc.).

Abscheider sollten auf der Saugseite des Gebläses eingesetzt werden. Damit werden Emissionen zwischen Gebläse und Abscheider auch bei Auftreten von Undichtigkeiten vermieden. Gleichzeitig wird der Ventilator vor Verschmutzung und Abrasion geschützt.

6.4.1 Partikelabscheider

Partikelabscheider werden gemäß der Art ihrer Abscheidung unterschieden in:

- Massenkraftabscheider
- Filternde Abscheider
- Elektrostatische Abscheider
- Nassabscheider

6.4.1.1 Massenkraftabscheider

Massenkraftabscheider nutzen die physikalische Wirkung der Massenkraft (z. B. Schwerkraft, Trägheitskraft, Zentrifugalkraft). Sie trennen die Staubpartikel vom Trägergas aufgrund ihrer unterschiedlichen Wirkung auf Partikel und Gas.

Folgende Abscheideprinzipien und Bauformen werden eingesetzt:

- Schwerkraftabscheider (Gegenstrom- und Querstromabscheider)
- Fliehkraftabscheider (z. B. Zyklon)

Massenkraftabscheider sind wegen der starken Abhängigkeit des Abscheidegrads von der Partikelgröße oder -masse vorwiegend für grobe Partikel oder als Vorabscheider für filternde Abscheider geeignet.

Massenkraftabscheider sind in der VDI-Richtlinie 3676 näher beschrieben.

6.4.1.2 Filternde Abscheider

Bei filternden Abscheidern wird die aerosolhaltige/staubhaltige Luft durch ein Filtermedium (z. B. Papier, Gewebe, Vlies, Nadelfilz, Membran, Sinterkunststoffe, Sintermetallfilter) geleitet. Je nach der Wirkungsweise lassen sich filternde Abscheider in zwei Hauptgruppen einteilen:

- Oberflächenfilter (abreignbare Filter)
- Tiefenfilter (Speicherfilter)

Staubsammelbehälter, die bei Abscheidern mit abreignbaren Filtern zum Einsatz kommen, sollten eine kontaminationsarme Staubentnahme zulassen (z. B. durch verschleißbare Behälter).

Filternde Abscheider sind in der VDI-Richtlinie 3677 näher beschrieben.

6.4.1.3 Elektrostatische Abscheider

In elektrostatischen Abscheidern werden die in der Abluft enthaltenen Aerosole elektrisch aufgeladen und an Niederschlagselektroden abgeschieden.

Es wird zwischen Röhren- und Plattenelektrofiltern unterschieden.

Röhrenelektrofilter werden ausschließlich für die Nassentstaubung, Plattenelektrofilter insbesondere zur Trockenentstaubung eingesetzt.

Elektrostatische Abscheider arbeiten mit geringen Druckverlusten und sind auch bei höheren Temperaturen geeignet. Der Abscheidegrad nimmt mit zunehmender Verschmutzung und höherer Strömungsgeschwindigkeit ab.

Elektrostatische Abscheider sind in der VDI-Richtlinie 3678 näher beschrieben.

6.4.1.4 Nassabscheider

In Nassabscheidern werden Aerosole von einer Flüssigkeit – in der Regel Wasser – benetzt und aufgenommen. Form und Oberfläche der Aerosole beeinflussen die Benetzbarkeit stark. Die anschließende Trennung des Reingases von der Flüssigkeit erfolgt durch einfache Umlenkung der Gasströmung oder in nachgeschalteten Prall- oder Zentrifugalabscheidern.

Nassabscheider werden nach den konstruktiven Merkmalen und nach den Arten der Flüssigkeitszugabe unterschieden in:

- Venturiwäscher
- Rotationswäscher, Desintegratoren
- Wirbelwäscher
- Strahlwäscher
- Waschturm, Sprühwäscher

Nassabscheider sind in der Regel nicht geeignet, einen hohen Abscheidegrad bei Feinstäuben sicherzustellen.

Nassabscheider sind in der VDI-Richtlinie 3679 näher beschrieben.

6.4.2 Gasabscheider

Zur Abscheidung von gas- oder dampfförmigen Luftverunreinigungen werden in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufgabenstellung und Anwendungsmöglichkeit folgende verfahrenstechnische Prinzipien eingesetzt.

- **Adsorption**
z. B. mittels Aktivkohle für Lösungsmittel oder flüchtige organische Verbindungen (VOC) oder Adsorption von Styrol in Zeolithe
- **Absorption**
z. B. Auswaschen von Ammoniak, Schwefeloxiden, Stickoxiden in einem Wäscher oder chemische Bindung, z. B. Schwefeldioxid (SO₂) mit Kalk und nach Oxidation zu Calciumsulfat (Entschwefelung)
- **Katalytische oder thermische Umwandlung**
z. B. Abgaskatalysator im Kraftfahrzeug, Nachverbrennung, Reduktion von VOC oder kombinierte Entschwefelung und Entstickung von Rauchgasen (DESONOX-Verfahren)
- **Biologische Umwandlung**
z. B. Biofilter gegen Gerüche oder Biofilter zur Abscheidung von z. B. Aminoverbindungen, Styrol, Kohlenwasserstoffverbindungen
- **Kondensation**
z. B. Abscheidung kondensierbarer Bestandteile in einem Kühler.

6.5 Ventilatoren

Die Aufgabe von Ventilatoren ist es, den für den Lufttransport erforderlichen Volumenstrom und die Druckdifferenz zu erzeugen.

Man unterscheidet im Wesentlichen zwei Bauarten, den Axial- und den Radialventilator. Gebläse mit großer Druckerhöhung und kleinen Luftmengen, die zum Beispiel für zentrale Staubsauganlagen verwendet werden, können weder mit einem Radial- noch mit einem Axialventilator bedient werden. In diesem Fall sind zum Beispiel Turbinen, Seitenkanalgebläse oder Drehkolbengebläse zu verwenden.

Ventilatoren müssen so dimensioniert sein, dass der erforderliche Luftvolumenstrom bei gegebenem Druckverlust der gesamten Anlage sichergestellt ist (vergleiche Abbildung 11).

Die Druckverluste der Anlage werden im Wesentlichen von den Strömungswiderständen der Anlagenteile, wie Luftleitungen, Krümmern, Drosseleinrichtungen und Abscheidern, bestimmt.

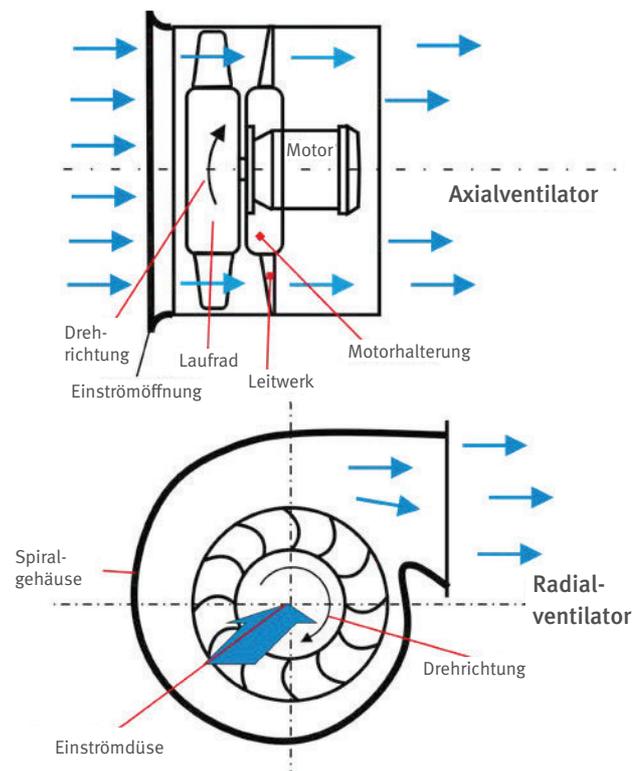


Abb. 10 Bauarten von Ventilatoren

Die Auswahl des Ventilators kann nur nach der Berechnung der Gesamtdruckverluste der Anlage (u. a. Berechnung des Luftleitungsnetzes) erfolgen.

Für die Auswahl eines geeigneten Ventilators ist daher die Kenntnis der Ventilator Kennlinie und der Anlagenkennlinie (Summe aller Druckverluste bzw. Widerstände der gesamten Anlage) erforderlich.

Häufig werden die maximale Ventilator druckerhöhung und der maximale Luftvolumenstrom (Punkte ① und ② in Abbildung 11) in der Dokumentation einer lufttechnischen Anlage angegeben.

Der tatsächliche Luftvolumenstrom ergibt sich jedoch aus dem Schnittpunkt der Ventilator kennlinie mit der Anlagenkennlinie.

- ① *Maximale Druckerhöhung: die maximal vom Ventilator erzeugbare Druckdifferenz*
- ② *Maximaler Volumenstrom des Ventilators im freiansaugenden und ausblasenden Betrieb*
- ③A *Betriebspunkt des Ventilators beim Betrieb in einer Anlage*
- ③B *Änderung des Betriebspunkts von 3a durch zusätzliche Druckverluste, z. B. durch:*
 - *Filterbelegung bei filternden Abscheidern*
 - *Änderungen an den Luftleitungen*
 - *Verschmutzung von Luftleitungen*
 - *Feststellung der (optionalen) Drosseleinrichtung*

Die Erfassungsluft und die darin enthaltenen luftfremden Stoffe (Gase, flüssige/feste Partikel) sowie weitere äußere Rahmenbedingungen wie Lärmschutz, Reparaturen und Wartungserfordernisse oder für die Zukunft geplante Anlagenerweiterungen geben die Rahmenbedingungen für die sachgerechte Auswahl des Ventilators vor.

Die Antriebe von Ventilatoren müssen in der elektrischen Schutzart ausgeführt werden, die den Umgebungsbedingungen entspricht.

Ventilatoren müssen den zu erwartenden Beanspruchungen standhalten (Details zum Explosionsschutz siehe Kapitel 10.4).

Bei der Anordnung der Ventilatoren und ihrer Anbauteile ist zu berücksichtigen, dass

- keine unzulässigen Schwingungen auf Bauwerks- und Anlagenteile übertragen werden,
- Gefahrstellen (z. B. Riementriebe, Kupplung) durch trennende Schutzeinrichtungen gesichert sind,
- die Verschmutzung des Ventilators durch Luftverunreinigungen gering ist (dies wird erreicht durch Anordnung des Ventilators hinter dem Abscheider, also auf der Reinaltseite),
- der Ventilator und seine Anbauteile leicht zugänglich für Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten sind.

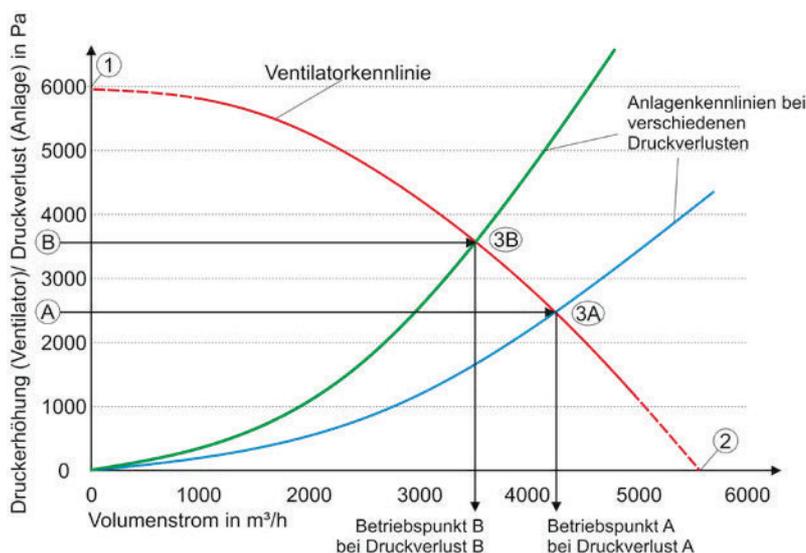


Abb. 11 Grundlagen zu Ventilator- und Anlagenkennlinien

6.6 Steuerung, Verriegelung und Warneinrichtungen

Die Steuerung dient zur Überwachung lufttechnischer Anlagen (Raumlufttechnischer (RLT)- sowie Prozesslufttechnischer (PLT)-Anlagen), zur Erfassung von Betriebsparametern und, wenn vorhanden, zur Anwahl verschiedener Betriebsarten.

Verriegelungen dienen zur Abschaltung von Anlagen bei Ausfall der PLT-Anlage, wenn durch deren Ausfall Gefahren entstehen können.

Eine lufttechnische Anlage, die für den sicheren Betrieb von Geräten, Anlagen oder Prozessen erforderlich ist, muss jederzeit funktionsfähig sein. Bei Ausfall oder Störung der lufttechnischen Anlage muss die Steuerung über eine Verriegelung oder mindestens über eine Warneinrichtung verfügen.

Unternehmerinnen und Unternehmer müssen im Rahmen ihrer Gefährdungsbeurteilung Art und Wirkungsweise der Verriegelung oder Warneinrichtung festlegen (siehe Kapitel 11.2).

1. Störungen müssen durch selbsttätig wirkende Warneinrichtungen angezeigt werden. Störungen sind z. B.
 - Ausfall des Ventilators,
 - Überschreiten des zulässigen Differenzdrucks im Abscheider gemäß Betriebsanleitung der Herstellfirma,
 - unzureichende Wassermenge im Nassabscheider.

Bei Anlagen mit Lufrückführung sollten Beschädigungen der Filterelemente im Abscheider durch Messung der Reingaskonzentration zum Beispiel mit triboelektrischen Sensoren, Partikelzählern, Extinktionsmessgeräten oder Differenzdruckmessungen am Polzeifilter angezeigt werden.

2. Bei Störungen, die zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können, muss das Ausmaß der Gesundheitsgefährdung beurteilt werden (z. B. Ermittlung der maximal möglichen Konzentrationen durch Berechnung, Konsultation von Datenbanken, Beratung durch die Anlagenherstellfirma). Auf Basis dieser Beurteilung müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden. Solche Maßnahmen können sein:

- Strömungsüberwachung (nicht über indirekte Methoden wie das Messen der Stromaufnahme des Ventilators),
- intelligente Steuerung mit Kontrolle des Differenzdruckverlaufs,
- Einsatz mehrstufiger Filter oder Polzeifilter mit geeigneter Überwachung.

3. Ein Warnsignal muss unter Berücksichtigung der betrieblichen Gegebenheiten deutlich wahrgenommen werden können. Die Warnung kann optisch oder akustisch erfolgen. Informationen zu optischen und akustischen Gefahrensignalen enthalten DIN EN 842 und DIN 33404-3.
4. Ist damit zu rechnen, dass durch den Arbeitsprozess oder nach Ablauf des Arbeitsprozesses am Arbeitsplatz Luftverunreinigungen in gefährlicher Konzentration auftreten, müssen Anlagen zur maschinellen Lüftung (z. B. Absauganlagen an Fertigungsprozessen, Raumlüftung) mit den verursachenden kraftbetriebenen Arbeitsmitteln verriegelt sein. Gegebenenfalls müssen die Anlagen mit Vor- oder Nachlaufzeit betrieben werden können. Die Dauer der Vor- und Nachlaufzeit richtet sich nach Art und Menge der vorhandenen oder noch entstehenden Luftverunreinigungen.

Verriegelungen sind zum Beispiel erforderlich:

- beim Schleifen und Polieren von Aluminium; siehe DGUV Regel 109-001 „Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium; Vermeiden von Staubbränden und Staubexplosionen“,
- bei Lacktrocknern; siehe DGUV Regel 100-500 und 100-501 Kapitel 2.28 „Trockner für Beschichtungsstoffe“ und DIN EN 1539 „Trockner und Öfen, in denen brennbare Stoffe freigesetzt werden; Sicherheitsanforderungen“,
- bei Lackieranlagen einschließlich elektrostatischer Sprühsysteme, siehe DGUV Information 209-046 „Lackierräume und –einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe“ und DGUV Information 209-052 „Elektrostatisches Beschichten“,
- bei Lösemittelreinigungsanlagen, siehe DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“
- bei Holzbearbeitungsmaschinen, siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 553 „Holzstaub“,
- bei Feuerungen, solange noch Glut vorliegt (z. B. Holzkohlegrill, Shisha-Bars).

5. Dient die Steuerung zur Überwachung von Absauganlagen, die zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre eingesetzt werden, müssen die Anforderungen der TRGS 725 berücksichtigt werden.

6.7 Lärminderung

Luftströmungen in den Abscheidern und Luftleitungen verursachen besonders durch Umlenkungen, Querschnittsverengungen, Drosseleinrichtungen oder Gitter Geräusche, die je nach Umgebungsbedingungen als störend empfunden werden können. Auch Ventilatoren können durch Schwingungsübertragung Lärm verursachen. Zusätzlich kann durch den Betrieb der Abreinigung Lärm entstehen.

Die EG-Maschinenrichtlinie verpflichtet die Herstellfirmen von Ventilatoren anzugeben, wie viel Lärm sie emittieren. Der tatsächlich auftretende Lärm hängt aber entscheidend davon ab, wie der Ventilator in die Anlage eingebaut wird und wie die Luftleitungen verlegt werden.

Die Lärmentwicklung bei der Abreinigung muss in der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden.

Zur Minderung des Lärms, der von lufttechnischen Anlagen verursacht wird, sind folgende Regeln einzuhalten:

- Nach Möglichkeit keine Verengung des Strömungsquerschnitts der Luftleitung,
- möglichst geringer Strömungswiderstand,
- Auswahl möglichst glattwandiger Luftleitungen und strömungstechnisch günstige Gestaltung des Leitungsverlaufs,
- richtige Dimensionierung der Luftleitungen (zu große, hohe Strömungsgeschwindigkeiten erzeugen zusätzliche höhere Strömungsgeräusche),
- elastische Lagerung der Luftleitung (verhindert die Übertragung von Körperschall auf das Gebäude),
- Anschluss des Ventilators mit elastischen Verbindungen (sog. Kompensatoren) an die Luftleitungen und Lagerung mit Schwingungsdämpfern, um die Körperschallübertragung vom Ventilator auf die Leitungen und z. B. das Gebäude zu verhindern (Entkopplung, Vermeidung von Körperschallübertragung).

Diese grundsätzlichen Regeln zur Lärminderung reichen dennoch oft nicht aus. Der Lärm im Gebäude ist zu begrenzen, weshalb häufig die eigentliche Absauganlage mit Abscheidern außerhalb von Gebäuden aufgestellt

wird. Aber auch außerhalb des Gebäudes muss der Lärm begrenzt werden.

- Im Gebäude erfolgt der Schutz der Beschäftigten vor Lärm nach Arbeitsschutzgesetz, Arbeitsstättenverordnung sowie Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung. Die Arbeitsstättenverordnung fordert, den Schalldruckpegel in Arbeitsstätten so niedrig zu halten, wie es nach der Art des Betriebs möglich ist (ASR A3.7).
- Außerhalb von Gebäuden erfolgt der Schutz der Nachbarschaft nach TA Lärm. Die Immissionsrichtwerte hängen außerhalb von Gebäuden u. a. vom Standort ab; z. B. liegt der Immissionsrichtwert in einem reinen Industriegebiet bei 70 dB(A), an anderen Standorten deutlich darunter.

Deshalb muss der Schall häufig durch den Einbau von Schall- und Schwingungsdämpfern reduziert werden. Für die korrekte Dimensionierung eines Schalldämpfers ist zusätzlich zum Summenschallpegel eine Frequenzanalyse hilfreich. Meist kommen in Luftleitungen Absorptionsschalldämpfer zum Einsatz, deren Wirkung durch den Einbau poröser Stoffe (z. B. Glaswolle, Mineralwolle, Stahlwolle) erzielt wird, die den Schall absorbieren können.

Neben der richtigen Dimensionierung von Schalldämpfern müssen bei der Schalldämpferauswahl noch folgende Anforderungen beachtet werden:

- Die Konstruktion und die verwendeten Werkstoffe müssen so ausgewählt werden, dass sie den Betriebsbeanspruchungen standhalten.
- Die Schalldämpfer müssen die gleichen Anforderungen an Dichtheit und an Brand- und Explosionsschutz erfüllen wie die übrige Luftleitung.
- Falls Kondensat im Schalldämpfer entstehen kann, muss ein Kondensatablauf (entsprechend den Anlagen-druckverhältnissen) angebracht werden.

Weitergehende Informationen enthält die VDI-Richtlinie 2081 Blatt 1.

7 Reinlufrückführung und Umluft

Die in diesem Kapitel aufgeführten Regelungen betreffen nur Stoffe, die nach GefStoffV zu beurteilen sind. Stoffe, die in den Anwendungsbereich der BioStoffV fallen (z. B. flüssige Bioaerosole, Endotoxine, etc.), werden hier nicht behandelt.

Wird die abgesaugte Luft ins Freie geführt, sind die Vorschriften des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG, TA-Luft) zu berücksichtigen.

Wird die erfasste Luft einer Absauganlage durch einen Abscheider gereinigt und anschließend ganz oder teilweise in den Arbeitsraum zurückgeführt, spricht man von Reinlufrückführung.

Wird die aus dem Raum abgeführte Luft aus einer Anlage zur Raumlüftung in den Arbeitsraum zurückgeführt, spricht man von Umluft. Eine Rückführung der Abluft ohne den Einsatz eines Abscheiders ist nur zulässig, wenn die Abluft keine Stoffe in gesundheitsgefährdender Konzentration enthält.

Die abgesaugte Luft einer Absauganlage oder die angesaugte Luft einer Raumlüftung wird Abscheidern zugeführt, wobei die Abscheidewirkung unter anderem vom Aggregatzustand der abzuscheidenden Stoffe abhängig ist.

Hinweis: Bei der Abscheidung muss berücksichtigt werden, ob die Emissionen zum Beispiel gas- oder partikelförmig vorliegen. Filternde Abscheider sind zum Beispiel zur Abscheidung von gasförmigen Stoffen nicht geeignet.

Entsprechend der GefStoffV ist die Reinlufrückführung bei KMR-Stoffen (1A und 1B) grundsätzlich verboten. Ausnahmen hiervon sind möglich.

Nach § 7 Abs. 4 der GefStoffV müssen Unternehmerinnen und Unternehmer Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausschließen. Ist das nicht möglich, sind die Gefährdungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Nach TRGS 400 Nr. 6.7 Abs. (5) ist dieses Minimierungsgebot unter anderem erfüllt, wenn die einschlägigen Beurteilungsmaßstäbe (AGW, AK, ...) dauerhaft unterschritten sind und nach TRGS 402 ein Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ für Nicht-KMR-Stoffe oder „Akzeptanzkonzentration eingehalten“ für KMR-Stoffe erteilt werden kann.

Ein Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ kann erteilt werden, wenn der Grenzwert eingehalten ist und zum Beispiel

- die Messungen unter Worst-Case Bedingungen (z. B. maximale Emissionsrate bei ungünstigsten Betriebsbedingungen) erfolgten oder
- die Randbedingungen (z. B. Emissionsrate, Lüftungsmaßnahmen) dauerhaft gleichbleibend sind.

Ein Befund „Akzeptanzkonzentration eingehalten“ gilt, wenn

- ein geeignetes Messverfahren zur Überwachung der Akzeptanzkonzentration eingesetzt wurde und
- das Messergebnis kleiner als oder gleich der Akzeptanzkonzentration ist.

In der Dokumentation des Befunds ist zu begründen, wie auch künftig die Akzeptanzkonzentration eingehalten wird.

Verschiedene stoffspezifische TRGS regeln die Ausnahmebedingungen für die Reinlufrückführung.

7.1 Reinlufrückführung und Umluftbetrieb bei Nicht-KMR-Stoffen

Im Arbeitsbereich muss die Einhaltung der AGW nach GefStoffV sichergestellt oder die Exposition der Beschäftigten entsprechend dem Stand der Technik minimiert werden. Damit durch die Reinlufrückführung oder den Umluftbetrieb die Konzentration der Gefahrstoffe im Arbeitsbereich nicht wesentlich erhöht wird, soll die Konzentration des Gefahrstoffs in der rückgeführten Luft oder der Umluft 1/5 des entsprechenden AGW nicht übersteigen.

In einigen Fällen, zum Beispiel bei gas- oder dampfförmigen Gefahrstoffen (Kühlschmierstoffdämpfe, Spritzlackieren), können die AGW nicht sicher eingehalten werden. Hier muss die Luftqualität am Arbeitsplatz durch Fortluftbetrieb oder zusätzliche Lüftungsmaßnahmen sichergestellt werden.

7.2 Reinlufrückführung und Umluft bei KMR-Stoffen

Werden KMR-Stoffe im Arbeitsbereich freigesetzt, ist die Rückführung der gereinigten Luft in den Arbeitsbereich grundsätzlich verboten.

7.2.1 Luftrückführung bei Absauganlagen (mit KMR-Stoffen)

Liegen die Emissionen als feste Partikel (Stäube, Rauche) vor, darf die Luft von Absauganlagen bei Anwendung behördlich oder durch die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung anerkannter Verfahren in den Arbeitsraum zurückgeführt werden. Die Unverhältnismäßigkeit der Fortluftführung ist in diesem Fall schlüssig zu begründen und in der Gefährdungsbeurteilung festzuhalten.

Für verschiedene Stoffe existieren stoffspezifische Anforderungen in technischen Regeln, die Reinlufrückführung unter Einhaltung bestimmter Bedingungen zulassen:

- TRGS 517 Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnissen
- TRGS 519 Asbest: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten
- TRGS 521 Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle
- TRGS 528 Schweißtechnische Arbeiten
- TRGS 553 Holzstaub
- TRGS 554 Abgase von Dieselmotoren
- TRGS 559 Mineralischer Staub

Für nicht aufgeführte Stoffe existieren zurzeit keine anerkannten Abscheideverfahren nach § 10 GefStoffV.

Die Anerkennung eines Abscheideverfahrens erfolgt auf der Basis von Geräteprüfungen (Abscheider mit eingebauten Filterelementen). Eine Filterprüfung (Prüfung des Filtermaterials und des kompletten Filterelements) alleine reicht nicht zur Anerkennung.

7.2.2 Umluft bei prozesslufttechnischen Anlagen zur Raumlüftung (mit KMR-Stoffen)

Werden zur Minimierung der Gefahrstoffbelastung Absauganlagen zur Erfassung der Stoffe an der Freisetzung- oder Entstehungsstelle nach dem Stand der Technik eingesetzt, dienen Anlagen zur Raumlüftung nur als Zusatzmaßnahmen zum Abführen von Restmengen. In diesem Fall darf eine solche Anlage zur Raumlüftung auch mit Umluft betrieben werden. Die Gefahrstoffkonzentration in der Umluft darf dann 1/10 der Akzeptanzkonzentration oder des Beurteilungsmaßstabs des Gefahrstoffs nicht überschreiten. Der Nachweis kann messtechnisch oder rechnerisch erfolgen.

Wird keine Erfassung der Gefahrstoffe an der Entstehungsstelle durchgeführt und ist die Anlage zur Raumlüftung somit die einzige Maßnahme zur Minimierung der Gefahrstoffbelastung, ist ein Umluftbetrieb nicht zulässig.

8 Luftbilanzierung

Eine Bilanzierung der Luftströme ist zu erstellen.

Die Bilanz besteht aus der Summe der Luftströme, die dem Raum zugeführt werden (Zuluft von außen) abzüglich der Summe der Luftströme, die aus dem Raum abgeführt werden (Abluft nach außen).

Wenn die Summe der Zuluftströme von der Summe der Abluftströme abweicht, ergibt sich im Raum ein Über- oder Unterdruck. In der Regel ist das Ziel eine druckneutrale Auslegung der Anlage. Eine ausgeglichene Bilanz der Luftströme ist gegeben, wenn der Zuluftstrom nicht mehr als 5 % vom Abluftstrom abweicht.

Bei bestimmten Fertigungsverfahren kann es durchaus sinnvoll sein, den Raum im Über- oder Unterdruck zu betreiben:

- Überdruck ist sinnvoll, um den Eintritt von Luftverunreinigungen aus Nachbarbereichen zu vermeiden.
- Unterdruck ist erforderlich, um den Austritt von Luftverunreinigungen in Nachbarbereiche zu vermeiden (z. B. Strahlanlagen, Schleifkabinen).

Jeder Arbeitsbereich ist einem Bilanzraum zuzuordnen. Es können mehrere Arbeitsbereiche in einem Bilanzraum vorliegen.

Für jeden Bilanzraum ist eine Luftbilanzierung vorzunehmen, in der sowohl die Zu- und Abluftströme sowie die Fort- und Außenluftströme als auch die Umluft- und/oder Luftrückführungsströme aufzuführen sind.

Häufig ist der Bilanzraum die Werkhalle und die Bilanzgrenze wird durch die Gebäudehülle vorgegeben. In der Praxis können auch nebeneinanderliegende oder ineinander verschachtelte Bilanzräume auftreten.

Bei nicht bautechnisch voneinander abgegrenzten Bilanzräumen ist ein Gesamtbilanzraum (z. B. Halle) anzunehmen. In diesen Fällen ist zu überprüfen, ob stark unterschiedliche Luftaustauschvorgänge in den einzelnen Bilanzräumen vorliegen. Kann dies auf Grund der Geometrie der Bilanzräume und weiterer Randbedingungen angenommen werden, sind umfangreiche messtechnische Ermittlungen notwendig, um diese Bereiche differenziert zu betrachten.

Folgende prinzipielle Möglichkeiten der Luftzufuhr und -abfuhr bestehen:

- nur freie Lüftung
- Fortluft der Prozesslüftung – freie Lüftung
- Luftrückführung der Prozesslüftung – freie Raumlüftung
- Fortluft der Prozesslüftung – mechanische Raumlüftung ohne Umluft
- Luftrückführung der Prozesslüftung – mechanische Raumlüftung ohne Umluft
- Reinluft der Prozesslüftung in die Abluft der Raumlüftung – mechanische Raumlüftung ohne Umluft
- Reinluft der Prozesslüftung in die Abluft der Raumlüftung – mechanische Raumlüftung mit Umluft
- Fortluft der Prozesslüftung – mechanische Raumlüftung mit Umluft
- Luftrückführung der Prozesslüftung – mechanische Raumlüftung mit Umluft

Der erforderliche Außenluftvolumenstrom, der in den Arbeitsbereich eingebracht werden muss, ergibt sich aus drei Faktoren:

- Ausgleich der Luftbilanz (Ersatz von Fortluftströmen vorhandener Absauganlagen),
- ausreichende, gesundheitlich zuträgliche Atemluft für die Beschäftigten (siehe auch ArbStättV, ASR A3.6) und
- Verdünnung freigesetzter gasförmiger Gefahrstoffe unter die maximal zulässige Konzentration.

Für Berechnungen der Luftbilanz bei freier Lüftung können folgende Luftwechselzahlen für überschlägige Berechnungen verwendet werden:

Geschlossene Gebäude (Hallen) nach Energieeinsparverordnung (EnEV) 0,25 (1/h)

Alle anderen Gebäude (Hallen): 1,0 (1/h)

8.1 Fortluft/Wärmerückgewinnung

Zusätzliche Heizkosten entstehen, wenn bei einer Lüftungs- oder Absauganlage die Abluft nach außen geführt und damit auch die Wärmemenge aus dem Raum entfernt wird, die durch Beheizung der Zuluft wieder ausgeglichen werden muss. Mit einer Wärmerückgewinnung können diese zusätzlichen Heizkosten gesenkt werden. Hier kommen zwei unterschiedliche Prinzipien zum Einsatz:

- die Rückgewinnung der Wärme aus der Fortluft mit Hilfe von Anlagen zur Wärmerückgewinnung oder
- die Reduzierung der Abluftmenge durch Luftrückführung oder Umluft.

Bei der Wärmerückgewinnung wird die Wärme aus der Abluft oder Erfassungsluft an die Zu- oder Außenluft übertragen und so in den Raum zurückgeführt.

Wird eine Anlage zur Wärmerückgewinnung eingesetzt, muss eine Verschleppung von Gefahrstoffen von der Ab- oder Erfassungsluft an die Zuluft verhindert werden. Die Verschleppung von Feuchte und Geruchsstoffen ist ebenfalls zu vermeiden. Eine aus technischen Gründen nicht auszuschließende Verschleppung in einer eingesetzten Anlage sollte minimiert werden.

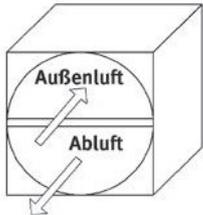
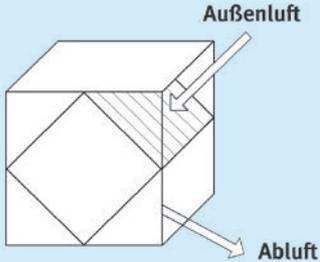
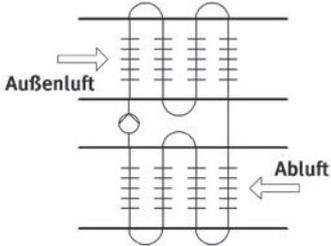
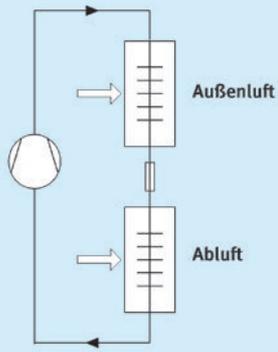
In Tabelle 8 werden die Wirkprinzipien verschiedener Arten von Anlagen zur Wärmerückgewinnung dargestellt und Hinweise zur Verschleppung von Stoffen aus der Ab- oder Erfassungsluft gegeben.

Wesentliche Kriterien für die Auswahl einer Anlage zur Wärmerückgewinnung sind die Effizienz der Wärmerückgewinnung (Rückwärmzahl), die Jahresarbeitszahl und die Höhe der Investitions- und Betriebskosten (Wirtschaftlichkeitsrechnung). In Wirtschaftlichkeitsberechnungen sollte auch berücksichtigt werden, dass die Anlagen vor Verschmutzung durch die Abluft oder Erfassungsluft zu schützen sowie regelmäßig zu reinigen sind.

Weitere wichtige Entscheidungsmerkmale bei Auswahl und Auslegung einer Anlage zur Wärmerückgewinnung sind:

- konstruktive und anlagentechnische Randbedingungen, z. B. Platzbedarf,
- Beständigkeit der verwendeten Materialien gegenüber den luftgetragenen Stoffen,
- Temperatur der Abluft,
- Eigenschaften der Gefahrstoffe,
- Anforderungen aus anderen gesetzlichen Bestimmungen (z. B. Immissionsschutz),
- Kondensatbildung auf der Fortluftseite.

Tabelle 8 Arten von Anlagen zur Wärmerückgewinnung

Bezeichnung	Wirkungsweise und Hinweis zur Stoffverschleppung	Aufbau, Beispiele
Regeneratoren	<p>Die Übertragung der Wärme erfolgt mit einem sich drehenden Wärmespeicher (Rotor), der in getrennten Halbräumen von Abluft und Außenluft durchströmt wird.</p> <p>Durch Undichtigkeiten zwischen Rotor und Gehäuse sowie eventuelle Anhaftungen von Stoffen im Rotorkörper treten Verschleppungen auf. Sie lassen sich mit konstruktiven Maßnahmen reduzieren.</p>	 <p>Rotationswärmetauscher</p>
Rekuperatoren	<p>Abluft und Außenluft werden entlang gemeinsamer Trennflächen geführt; die Wärme der Abluft wird über Wärmeleitung durch die Trennwand an die einströmende Außenluft übertragen.</p> <p>Treten auf Grund von Korrosion/Abrasion oder Fertigungsmängeln Undichtigkeiten an den Trennwänden für die Wärmeübertragung auf, kommt es zu einer Stoffverschleppung.</p>	 <p>Plattenwärmetauscher</p>
Verbundsysteme	<p>Die Wärme wird mit Hilfe eines Mediums für die Wärmeübertragung, das zwischen zwei Wärmeüberträgern zirkuliert, von der Abluft an die einströmende Außenluft übertragen. Durch die nötige zweifache Wärmeübertragung ist der Wirkungsgrad systembedingt geringer als bei Rekuperatoren.</p> <p>Aufgrund der räumlichen Trennung und Wärmeübertragung mit Medien in Rohrleitungen ist ein Stoffübertrag praktisch ausgeschlossen.</p>	 <p>Kreislauf-Verbundwärmetauscher</p>
Wärmepumpen	<p>Beim Wärmepumpen-Verfahren wird ein Kältemittel im Kreislauf geführt, das unter Energiezufuhr Wärme überträgt. Dabei wird aus der Abluft bei niedriger Temperatur Wärme entzogen und der Außenluft mit höherer Temperatur übertragen.</p> <p>Aufgrund der räumlichen Trennung und der Wärmeübertragung mit Medien in Rohrleitungen ist ein Stoffübertrag praktisch ausgeschlossen.</p>	 <p>Kompressorwärmepumpe</p>

9 Lufttechnische Maßnahmen auf Baustellen

Auf Baustellen sind vorrangig Maßnahmen nach Kapitel 5.1 durchzuführen.

Ist eine Erfassung an der Emissionsstelle nicht möglich (z. B. Staubaufwirbelung beim Abschlagen von Fliesen) oder nicht ausreichend wirksam (z. B. handgeführte Mauernutfräse mit Absaughaube auf unebenem Untergrund) sind weitere Maßnahmen notwendig.

In solchen Fällen kommen sogenannte Luftreiniger zum Einsatz.

Die Luftreinigung auf Baustellen erfolgt in der Regel durch mobile Geräte, das heißt Geräte, deren Aufstellungsorte entsprechend dem Baufortschritt häufig geändert werden müssen.

Luftreiniger können in zwei Varianten benutzt werden, wobei die Grenzen in der Praxis oft fließend sind:

- zur Absaugung möglichst nahe an der Emissionsstelle
- zur Reinigung der Raumluft

Bei beiden Varianten ist darauf zu achten, dass Emissionen möglichst aus dem Atembereich der Beschäftigten weggeführt werden und unbelastete Luft zugeführt wird. Fortluftbetrieb ist zu bevorzugen. Für ausreichende Nachströmung von Außenluft ist durch geeignete Zuluftöffnungen (z. B. luftdurchlässige Staubschutztür, Filtervlies im Fenster) zu sorgen.

9.1 Absaugung an der Emissionsstelle

Um eine gerichtete Strömung zu erreichen, soll die Erfassungseinrichtung (hier die Ansaugöffnung) des Luftreinigers (bzw. dessen Ansaugschlauchs) möglichst nahe an der Emissionsstelle platziert werden und die Ausblasöffnung möglichst weit von den Beschäftigten entfernt sein.

Wenn möglich, sollte der Luftstrom der Absaugung nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt werden. Deshalb sollte die Ansaugöffnung vor den Beschäftigten liegen. Um bei fortschreitender Arbeit die Erfassungseinrichtung praktikabel nachführen zu können, sind schwere Luftreiniger mit einem Ansaugschlauch zu versehen.

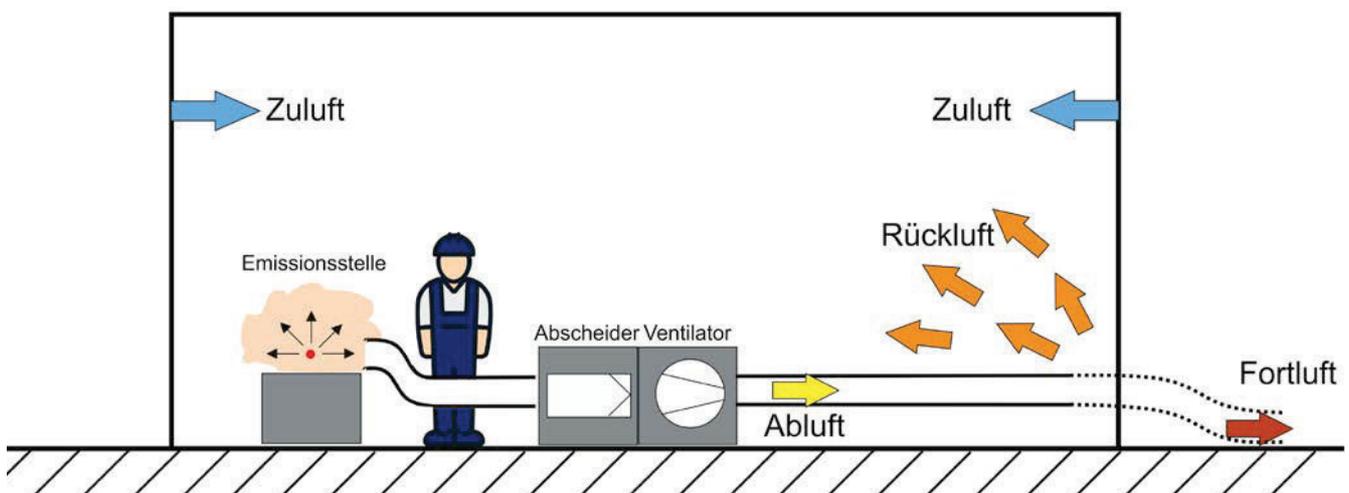


Abb. 12 Luftreiniger auf Baustellen – Absaugung möglichst nahe an der Emissionsstelle

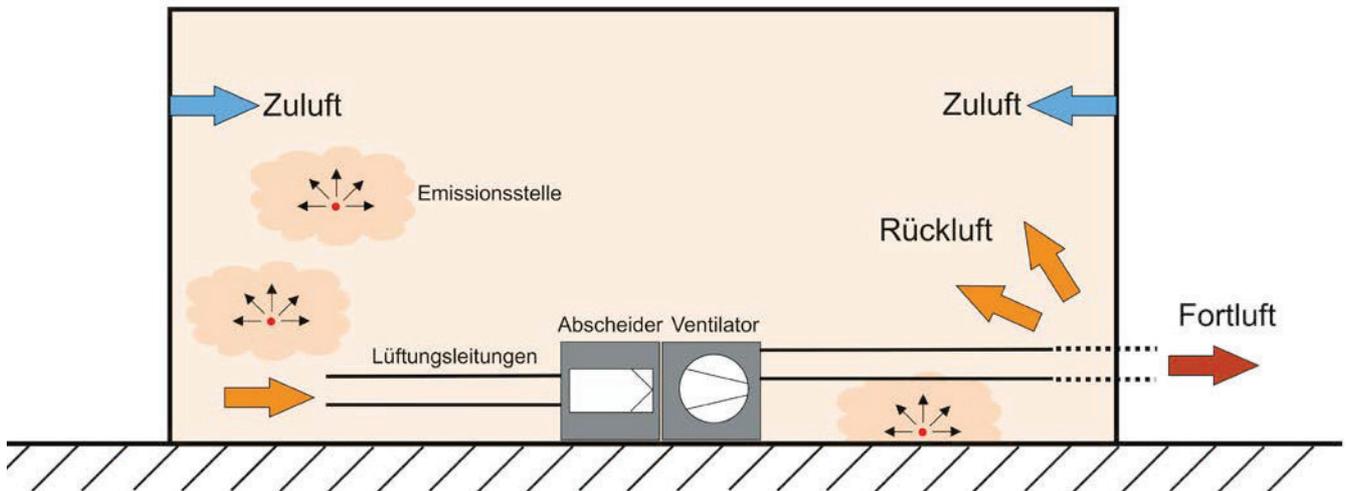


Abb. 13 Luftreiniger auf Baustellen – Reinigung der Raumluft

9.2 Reinigung der Raumluft

Bei der Anwendung zur Reinigung der Raumluft mit Luft-rückführung in den Arbeitsraum (Umluft) muss der Raum möglichst vollständig durchströmt werden. Hierzu ist ein möglichst großer Abstand zwischen Ansaugöffnung und Ausblasöffnung erforderlich. Dies macht den Einsatz von Ansaug- und/oder Abluftschläuchen notwendig.

Der Abscheidegrad der Luftreiniger muss mindestens die Anforderungen an Entstauber für ortsveränderlichen Betrieb (EOB) erfüllen, da sich Beschäftigte im Abluftstrom des Luftreinigers aufhalten können. Hinweise zum erforderlichen Abscheidegrad finden sich in den stoff-spezifischen technischen Regeln zur Gefahrstoffverord-nung. Der Luftreiniger soll bezüglich seines Abscheide-grads gegenüber Stäuben gekennzeichnet sein.

Es sind für die betrachtete Raumgröße geeignete Geräte auszuwählen. Bei der Ermittlung geeigneter Geräte ist vom ungünstigsten Betriebszustand auszugehen.

Wird ein Luftreiniger dazu verwendet, größere Räume oder mehrere Räume zu belüften, ist der Einsatz mehrerer Zu-luft-Elemente erforderlich, um eine gleichmäßige Luftver-teilung zu erreichen. Zuluft-Elemente müssen in der Lage sein, das Rückströmen verunreinigter Luft in unbelastete Bereiche zu verhindern.

10 Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen bei brennbaren Luftverunreinigungen

Enthält die Erfassungsluft brennbare Stoffe (z. B. Gase, Lösemitteldämpfe, brennbare Stäube), ist zu ermitteln, inwieweit eine Brand- oder Explosionsgefahr besteht. An Anlagen zur Abscheidung brennbarer Gase, Gasgemische oder Dämpfe sind ggf. weitere als die in dieser Regel beschriebenen Maßnahmen erforderlich.

Brände können an allen Stellen der Anlage entstehen, an denen sich Ablagerungen bilden und entzündet werden. Zündquellen können beispielsweise sein:

- Funken aus dem Bearbeitungsprozess,
- Funken aus elektrostatischen Aufladungen,
- Selbstentzündung reaktionsfähiger (nicht oxidiertes) Stäube,
- geräteeigene Zündquellen (z. B. heiße Oberflächen),
- Blitzschlag (bei Außenaufstellung),
- ...

Zur Vermeidung von Bränden soll vermieden werden, dass Funken in der lufttechnischen Anlage Schaden verursachen. Hierfür können spezielle Vorabscheider (z. B. Massenkraftabscheider, Zyklone, Metallgeflechte) bei der Erfassung oder in der Rohrleitung eingesetzt werden.

Zur Brandvermeidung können auch Funkenlöschanlagen als präventiv wirkende Schutzeinrichtungen eingesetzt werden.

Zum Löschen von Entstehungsbränden können Wasser- oder Gas-Löschanlagen zum Einsatz kommen.

Eine explosionsfähige Atmosphäre kann auftreten, wenn Staubablagerungen im Arbeitsraum aufgewirbelt werden. Auch im Rohrleitungssystem (durch Aufwirbeln) oder im Abscheider (während der Abreinigung), kann explosionsfähige Atmosphäre auftreten. Sobald Ablagerungen brennbarer Stäube auftreten, ist zu prüfen, ob eine Zone festzulegen ist. Weitere Hinweise hierzu finden sich in der TRGS 722 und in der VDI-Richtlinie 2263 Blatt 6 und Blatt 6.1.

Zur Festlegung der erforderlichen Explosionsschutzmaßnahmen ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu bewerten. Auf dieser Grundlage sind durch die Betreiberinnen und Betreiber explosionsgefährdete Bereiche festzulegen. Empfohlen wird eine Einteilung in Zonen (Näheres hierzu siehe TRGS 720ff. und DGUV Regel 113-001 Anlage 4).

Von Explosionsschutzmaßnahmen kann nur abgesehen werden, wenn bei allen möglichen Betriebszuständen und vorhersehbaren Störungen sichergestellt ist, dass die Konzentration der brennbaren Luftverunreinigungen im Brennstoff/Luft-Gemisch die **untere Explosionsgrenze** (UEG) sicher unterschritten wird.

Hinweis: Die UEG ist eine stoffabhängige Kenngröße. Bei Stäuben hängt die UEG unter anderem von der Korngrößenverteilung ab; sie kann zwischen wenigen Gramm und mehreren Hundert Gramm pro Kubikmeter liegen.

Informationen zu den Explosionskenngrößen verschiedener Stäube und weitere Hinweise können der GESTIS-STAU-EX Datenbank (www.dguv.de, Web-Code d6253) entnommen werden. Weitere anwendungsspezifische Hinweise zum Explosionsschutz enthalten die DGUV Information 209-046 und die DGUV Information 209-044.

10.1 Erfassungseinrichtungen

Da Staubablagerungen eine Brandlast sowie eine potentielle Staubexplosionsgefahr darstellen, ist darauf zu achten, dass an und in den Erfassungseinrichtungen Staubablagerungen möglichst nicht auftreten oder regelmäßig beseitigt werden.

Dient die lufttechnische Anlage zur Umsetzung des Explosionsschutzkonzepts „Vermeiden/Verringern von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch sicheres Unterschreiten der unteren Explosionsgrenze (UEG)“, gilt: Je schlechter der Erfassungsgrad, umso häufiger kann gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten.

10.2 Luftleitungen

In Abhängigkeit von den Gegebenheiten am Einbauort ist aus Gründen des Brandschutzes häufig mindestens eine schwerentflammbare Ausführung der Luftleitungen erforderlich. Luftleitungen müssen brandschutztechnischen Anforderungen genügen (siehe DIN EN 1366-1, -2). Die brandschutztechnischen Anforderungen müssen mit den zuständigen Brandschutzstellen abgestimmt werden.

In explosionsgefährdeten Bereichen sind Luftleitungen aus elektrisch ableitfähigen oder leitfähigen Materialien zu verwenden; die Leitungen sind zu erden oder leitfähig mit Erde zu verbinden (siehe TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“). Auch die Erfassungseinrichtungen müssen berücksichtigt werden.

Werden Schläuche mit Metallwendel als Saugschlauch eingesetzt, ist auch die Wendel in die Erdung der Anlage einzubinden. Die Erdung ist an beiden Enden der Wendel sicherzustellen. Außerdem müssen die zusätzlichen Hinweise in der TRGS 727 berücksichtigt werden.

Hinweis: Beim Transport von festen oder flüssigen Partikeln durch den Schlauch wird der Schlauch elektrostatisch aufgeladen, wenn keine Erdung vorhanden oder keine elektrische Leit- oder Ableitfähigkeit des Schlauchmaterials gegeben ist.

Ablagerungen in Luftleitungen stellen eine Brandlast und eine potenzielle Staubexplosionsgefahr dar und müssen daher vermieden oder regelmäßig beseitigt werden (siehe auch Strömungsgeschwindigkeiten in Tabelle 7).

Abhängig von der Häufigkeit und der Dauer des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Luftleitung kommt eine Zoneneinteilung in Zone 0, 1 oder 2 bei gas- bzw. dampfförmigen sowie in Zone 20, 21 oder 22 bei staubförmigen Luftverunreinigungen in Betracht. Zone 22 beinhaltet auch Staubablagerungen! Kann das Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre sicher ausgeschlossen werden, ist die Luftleitung zonenfrei.

10.3 Abscheider

Besteht auf Grund von Art und Menge der Luftverunreinigung Explosionsgefahr, muss bei der Auswahl eines Abscheiders auch aus Sicht des Explosionsschutzes auf eine Eignung für den geplanten Einsatz geachtet werden.

Abscheider oder Bauteile, die eigene potenzielle Zündquellen aufweisen und in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, müssen einer Gerätekategorie entsprechen, die für die festgelegte Zone geeignet ist, zum Beispiel Geräte mit der Bezeichnung II 2 GD für Zone 1 und 21 (GefStoffV, Anhang 1, § 8, Absatz 8 und

§ 11 Absatz 3, Nr. 1, Kapitel 1.8, Richtlinie 1999/92/EG; die Ausführungen der Kennzeichnung sind im Leitfaden § 146 ATEX 2014/34/EU Guidelines und in den Normen zur Richtlinie enthalten).

Hinweis: Abscheider weisen häufig keine eigene potenzielle Zündquelle auf und unterliegen dann nicht der Richtlinie 2014/34/EU.

Kann die Zündquellenfreiheit entsprechend der Zone im Abscheider nicht realisiert werden, zum Beispiel, weil Zündquellen eingesaugt werden können, müssen konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen, typischerweise eine explosionsfeste Bauweise, eine Explosionsdruckentlastung oder eine Explosionsunterdrückung, getroffen werden. Dabei ist zu beachten, dass eine Explosionsdruckentlastung in der Regel nicht in den Arbeitsraum, in Arbeitsbereiche oder in Richtung von Verkehrswegen entlasten darf. Werden zugelassene Vorrichtungen zur flammlosen Druckentlastung eingesetzt, ist die Explosionsdruckentlastung auch in Arbeitsräumen zulässig, wenn die Gefährdung für die Beschäftigten und die Gefahr einer Sekundärexplosion sicher ausgeschlossen werden können.

Ist ein Abscheider mit konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen ausgeführt, sind vor- und nachgeschaltete explosionsgefährdete Bereiche und Anlagenteile explosionstechnisch zu entkoppeln. Dadurch wird die Ausbreitung von Flammen und Druck durch die Luftleitungen verhindert, die zu einem Brand im Arbeitsbereich und bei Staubaufwirbelung zu Sekundärexplosionen führen kann.

Probleme, die es zu vermeiden gilt, am Beispiel filternder Abscheider für brennbare Stäube:

- **Eignung:**
Bei der Beschaffung muss darauf geachtet werden, dass in der Festlegung der „bestimmungsgemäßen Verwendung“ der Einsatz zur Abscheidung brennbarer Stäube eingeschlossen ist. Diese Festlegung muss in der Betriebsanleitung des herstellenden Unternehmens beschrieben sein.
Andernfalls ist eine Nachrüstung oder der Ersatz durch einen geeigneten Abscheider erforderlich.
- Die Häufigkeit der Filterabreinigung hat Einfluss auf die Zoneneinteilung im Rohluftbereich: Im Rohluftbereich kann beim Abreinigen der Filterelemente eine so hohe Konzentration des aufgewirbelten Staubs erreicht

werden, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorliegt, auch wenn die Konzentration des erfassten und abzuscheidenden Staubs betriebsmäßig nicht im Explosionsbereich liegt.

Vgl. hierzu Punkt 3.3.5 in DGUV Regel 113-001 Anlage 4 Beispielsammlung.

- Neben der Zone im Rohluftbereich bestimmt auch der Abscheidertyp die Zone im Reinluftbereich:
Besteht die Möglichkeit, dass, z. B. wegen eines Filterdurchbruchs oder Undichtigkeiten in Folge falschen Einbaus von Filterelementen, gefährliche explosionsfähige Atmosphäre im Reinluftbereich auftreten kann, ist dort eine Zone einzuteilen.
Die Art der Zone hängt davon ab, welche Zone im Rohluftbereich vorliegt und ob der Filterdurchbruch, z. B. durch ein Stauberkenntnisssystem oder ein nachgeschaltetes Sicherheitsfilter („Polizeifilter“), kurzfristig erkannt und unverzüglich beseitigt werden kann.
Vgl. hierzu Punkt 3.3.5 in DGUV Regel 113-001 Anlage 4 Beispielsammlung.
- Dichtigkeit und Vorgehensweise bei der Entleerung der Staubsammelbehälter bestimmen die Zone um die Anlage:
Abgelagerter Staub, der z. B. von undichten Verbindungen, mangelnder Sorgfalt beim Umgang mit den Staubsammelbehältern und nicht ausreichender Beseitigung von Ablagerungen herrührt, führt zu einer Staubexplosionsgefahr und kann bewirken, dass eine Zone 22 in der Umgebung vorliegt. Je besser darauf geachtet wird, dass möglichst kein Staub freigesetzt wird und Staubablagerungen sofort beseitigt werden, desto geringer ist die Ausdehnung der auszuweisenden Zone.
Vgl. hierzu Punkt 3.1.1 in DGUV Regel 113-001 Anlage 4 Beispielsammlung.

10.4 Ventilatoren

Der Begriff Ventilator bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Einheit aus Ventilator, Gehäuse und elektrischem Antrieb. Die Gerätekategorie (im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU, der sogenannten ATEX-Richtlinie) der eingesetzten Ventilatoren muss entsprechend den Zonen gewählt werden, die im Inneren oder in der Umgebung festgelegt sind.

- Im Inneren des Ventilators ist die Zone u. a. abhängig vom Staubgehalt der geförderten Luft.
Eine Reduzierung der Geräteanforderungen ist beispielsweise möglich, wenn ein Filterdurchbruch des dem Ventilator vorgeschalteten Filters automatisch erkannt wird und zu einer Abschaltung des Ventilators führt (siehe Kapitel 10.3).
- Ist der Ventilator auch außen von einem explosionsgefährdeten Bereich umgeben, muss eine Ausführung der entsprechenden Gerätekategorie eingesetzt werden. Die maximale Oberflächentemperatur und gegebenenfalls die Explosionsgruppe des Ventilators einschließlich aller elektrischen Komponenten (z. B. Motor, Schalter etc.) muss für die vorliegenden explosionsfähigen Stäube oder Gase/Lösemittel geeignet sein.

10.5 Absaugen brennbarer Stäube außerhalb einer explosionsfähigen Atmosphäre

Wenn am Einsatzort und in der Einsatzzeit das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ausgeschlossen werden kann, ist das Absaugen von brennbaren Stäuben auch mit Entstaubern zulässig, deren staubbelasteter Bereich frei von inneren Zündquellen ist.

Es sollten daher nur Entstauber eingesetzt werden, für die das herstellende Unternehmen schriftlich erklärt (z. B. in der Betriebsanleitung), dass das Gerät zum Absaugen brennbarer Stäube geeignet ist.

11 Rechtliches

Lufttechnische Anlagen dienen dazu, die Ziele nach Kapitel 2 zu erreichen.

Folgende grundlegende Anforderungen gelten für lufttechnische Anlagen:

- Von der Anlage dürfen bei bestimmungsgemäßer Verwendung keine Gefahren ausgehen.
- Ist bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen eine lufttechnische Anlage erforderlich, muss sie jederzeit funktionsfähig sein. Störungen müssen erkennbar sein.
- Die Funktionssicherheit muss gewährleistet sein. Das bedeutet, dass die Schutzziele nach Kapitel 2 bei bestimmungsgemäßer Verwendung der Gesamtanlage erreicht werden. Die Verantwortung dafür ist bei Vertragsabschluss zwischen Herstellunternehmen und Betreiberin oder Betreiber zu regeln. Für die bestimmungsgemäße Verwendung sind die Unternehmerin und der Unternehmer bzw. die Betreiberin und der Betreiber verantwortlich.

11.1 Pflichten von Herstellerinnen und Herstellern

Grundsätzlich sind beim Betrieb von PLT-Anlagen zwei Sicherheitsaspekte zu unterscheiden:

1. Von der Anlage selbst oder ihren Komponenten gehen während des Betriebs Gefahren aus:
 - mechanische Gefährdungen durch sich drehende Ventilatoren
 - Druckstoß bei der Abreinigung der Filterelemente mit einem Druckgas
 - elektrische Gefährdungen durch die Stromkreise von Antrieb und Steuerung
 - Zugluft
 - Lärm
 - ...
2. Es entstehen Gefährdungen bei Störung oder Ausfall der Anlage, weil Gefahrstoffemissionen nicht mehr ausreichend abgesaugt werden. Dadurch können geringfügige Grenzüberschreitungen bis zu tödlichen Gefahrstoffkonzentrationen entstehen. Die Anstiegszeit der Gefahrstoffkonzentration ist bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen und muss in die Planung der Anlage einfließen (z. B. Auswahl der Warneinrichtung). Beim Einsatz von Reinluftrückführung ist mit

deutlich stärkeren Auswirkungen bei Störungen der Anlage (z. B. Filterdurchbruch) zu rechnen.

Das die Anlage herstellende Unternehmen kennt die Eigenschaften der Anlage und die daraus resultierenden Gefährdungen. Damit liegt die Verantwortung für die Erstellung der Konformitätserklärung, sofern erforderlich, bei der Herstellfirma.

Der Installationsbetrieb, der die Anlage errichtet, ist dafür verantwortlich, dass sie nach den Vorgaben der Herstellfirma fachgerecht installiert wird und muss dies dem Unternehmen, bei dem die fachgerechte Installation durchgeführt wurde, bescheinigen.

Der Installationsbetrieb muss nicht über die Kenntnisse der Herstellfirma verfügen. Führt das Installationspersonal jedoch eigene Planungen aus, die von den Vorstellungen der Herstellfirma abweichen und die Anlage wesentlich verändern, wird der Installationsbetrieb selbst zur Herstellfirma mit allen Konsequenzen in Bezug auf die Konformitätserklärung.

Die PLT-Anlage kann ein Sicherheitsbauteil im Sinne der Maschinenrichtlinie sein. Ein Sicherheitsbauteil ist ein Bauteil,

- das zur Gewährleistung einer Sicherheitsfunktion dient und
- gesondert in Verkehr gebracht wird und
- dessen Ausfall und/oder Fehlfunktion die Sicherheit von Personen gefährdet und
- das für das Funktionieren der Maschine nicht erforderlich ist oder das durch für das Funktionieren der Maschine übliche Bauteile ersetzt werden kann.

Damit ergeben sich zum Beispiel folgende Schlüsse:

- Absauganlagen zur Erfassung von gefährlichen Emissionen von Maschinen an der Entstehungsstelle sind Sicherheitsbauteile. Die Sicherheitsfunktion zwischen abzusaugender Maschine und Absauganlage ist festzulegen.
- Anlagen zur Raumlüftung als Ergänzung zu Absauganlagen sind keine Sicherheitsbauteile (siehe Abschnitt 6.2.2 Satz 1).
- Anlagen zur Raumlüftung als alleinige Maßnahme gegen Gefahrstoffe sind keine Sicherheitsbauteile, müssen aber sinngemäß als solche betrachtet werden.

11.2 Pflichten von Betreiberinnen und Betreibern

Bei Gefährdungen, die bei Ausfall oder Störung der Anlage auftreten können, müssen Maßnahmen zur Minimierung des Restrisikos getroffen werden.

Die Entscheidung, welche lufttechnischen Maßnahmen getroffen werden, ist als Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.

Bei der Beschaffung sollten mindestens

- ein Lastenheft bezüglich der Anforderungen an die lufttechnischen Maßnahmen erstellt werden,
- die Bestandteile der Abnahmeprüfung (siehe auch Abschnitt 11.2.2 Wirksamkeitskontrolle/Prüfung) vereinbart werden. Auf Abnahmemessungen kann verzichtet werden, wenn geprüfte Einzelabsauganlagen verwendet werden.

11.2.1 Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme müssen die Dokumentation der Anlage vorliegen, die Unterweisung der Beschäftigten erfolgt und die Betriebsanweisungen erstellt sein.

Die Dokumentation der Anlage umfasst alle Komponenten mit ihren erforderlichen Kennwerten und Schnittstellen zu den anderen Komponenten sowie die EG-Konformitätserklärung.

Betriebsanweisungen sind für alle Betriebszustände (Einrichtbetrieb, Normalbetrieb, Störung, Instandhaltung und Reinigung) zu erstellen. Dabei müssen die sicherheitstechnischen Hinweise in der Betriebsanleitung der Herstellfirma berücksichtigt werden.

Sicherheitstechnische Hinweise sind insbesondere erforderlich,

- wenn verschiedene Betriebszustände möglich sind,
- wenn Arbeiten mit Zündgefahr in Bereichen mit Brand- und Explosionsgefahren durchgeführt werden,
- wenn Warneinrichtungen vorhanden sind,
- wenn eine erforderliche Vor- und Nachlaufzeit festgelegt ist,
- für das Wechseln von Filterelementen,
- für die Instandhaltung, Reinigung und Prüfung,

- für die Anordnung und Nachführung von Erfassungseinrichtungen,
- wenn Arbeiten in Luftleitungen notwendig sind (siehe DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“),
- für Verhaltensmaßnahmen bei Störungen und Gefahren.

Neben der Betriebsanweisung sollte – besonders bei größeren Anlagen – ein Anlagenschema vorhanden sein.

11.2.2 Prüfungen/Wirksamkeitsprüfung

Lufttechnische Anlagen müssen

- vor der ersten Inbetriebnahme auf ordnungsgemäße Installation, Funktion und Aufstellung,
 - in regelmäßigen Zeitabständen, mindestens jedoch einmal jährlich bei partikelförmigen oder mindestens alle drei Jahre bei gasförmigen Luftverunreinigungen und
 - nach prüfpflichtigen Änderungen
- durch eine zur Prüfung befähigte Person nach Betriebs-sicherheitsverordnung § 2 (6) (früher sachkundige Person) geprüft werden. Die Ergebnisse der Prüfungen sind in ein Prüfbuch oder einen Prüfbericht einzutragen, aufzubewahren und können als Grundlage für die wiederkehrenden Prüfungen herangezogen werden (siehe auch BetrSichV §§ 3 und 10, GefStoffV § 7 Abs. 7).

Zur Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme (Abnahmeprüfung) gehören Vollständigkeits- und Funktionsprüfung sowie eine Funktionsmessung, zum Beispiel nach DIN EN 12599.

Zur Wirksamkeitsprüfung gehört der Nachweis, dass einschlägige Grenzwerte eingehalten werden. Er erfolgt durch Arbeitsplatzmessungen oder durch andere geeignete Methoden zur Ermittlung der Exposition (GefStoffV, § 7 Abs. (8)). Die Vorgehensweise bei der Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen ist im Kapitel 5 der TRGS 402 „Beurteilung der Exposition und der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen“ beschrieben. Ergibt die Wirksamkeitsprüfung den Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“, ist die Wirksamkeitsprüfung abgeschlossen.

Zur Prüfung in regelmäßigen Zeitabständen gehören

- die Überprüfung der einzelnen Anlagenteile nach VDMA 24176,
- die Überprüfung der Funktionsfähigkeit und

- die Überprüfung, ob die funktionierende Anlage auch noch den aktuellen Anforderungen entspricht (z. B. neuen Technischen Regeln oder Vorschriften).

Anlagen, die Geräte nach 2014/34/EU (ATEX) sind oder beinhalten, sind vor Inbetriebnahme sowie vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen entsprechend § 15 BetrSichV und mindestens alle drei Jahre wiederkehrend nach § 16 BetrSichV durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) oder eine zur Prüfung befähigte Person zu prüfen. Lüftungsanlagen, Gaswarneinrichtungen und Inertisierungseinrichtungen mit einer Funktion im Explosionsschutz sind wiederkehrend jährlich zu prüfen.

Prüfpflichtige Änderungen können zum Beispiel sein:

- Austausch nicht gleichartiger Anlagenteile
- Veränderungen von Luftöffnungen, Erfassungseinrichtungen und Leitungsführungen
- Erweiterung oder Verkleinerung einer Anlage

Eine zur Prüfung befähigte Person ist, wer auf Grund der fachlichen Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Anlagen zur Arbeitsplatzlüftung hat und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, Vorschriften der Unfallversicherungsträger und allgemein anerkannten Regeln der Technik (z. B. DGUV Regeln, DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, technische Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum) soweit vertraut ist, dass sie den arbeitssicheren Zustand von Anlagen zur Arbeitsplatzlüftung beurteilen kann (siehe auch TRBS 1203). Als zur Prüfung befähigte Personen können zum Beispiel eigene Beschäftigte oder Beschäftigte der Herstellfirmen von Anlagen in Betracht kommen.

Anlagen die in einer Ex-Zone betrieben werden oder der Vermeidung einer g.e.A. dienen, zählen zu den überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung. An zur Prüfung befähigte Personen im Explosionsschutz werden über die allgemeinen Anforderungen hinaus Anforderungen nach BetrSichV, Anhang 2, Abschnitt 3 und in TRBS 1203 gestellt.

Darüber hinaus ist zu prüfen, ob bei Änderungen einer Anlage Pflichten von Herstellerinnen und Herstellern gem. § 3 der Maschinenverordnung (9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz) zu beachten sind. Zur Beurteilung kann das Interpretationspapier „Wesentliche Veränderung von Maschinen“ genutzt werden.¹⁾

11.2.3 Betrieb

Lufttechnische Anlagen müssen bestimmungsgemäß verwendet und vor Arbeitsbeginn auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden. Sie dürfen nicht unbefugt außer Betrieb genommen werden.

Bewegliche Erfassungseinrichtungen sind möglichst dicht an die Entstehungsstelle der Luftverunreinigungen heranzuführen. Bei der Positionierung ist die Bewegungsrichtung der Luftverunreinigungen zu berücksichtigen. Angaben hierzu muss die Herstellfirma der Anlage zur Verfügung stellen. Bewegliche Erfassungseinrichtungen sind so nachzuführen, dass Luftverunreinigungen sicher erfasst und nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt werden.

Bei Anlagen zur maschinellen Lüftung mit nicht nachführbaren Erfassungseinrichtungen dürfen nur die vorgesehenen Arbeitsplätze eingenommen werden, um gesundheitliche Gefährdungen zu vermeiden.

Luftverunreinigungen, die brennbar sind oder die mit Luft eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können, dürfen nicht gemeinsam mit

- zur Funkenbildung neigenden Luftverunreinigungen,
- selbstentzündlichen Luftverunreinigungen,
- brandfördernden Luftverunreinigungen und
- Abgasen von Verbrennungsprozessen abgesaugt werden.

Selbstentzündliche Luftverunreinigungen sind zum Beispiel Metallstäube (pyrophores Eisen u. Ä.) in feinsten Verteilung und Stoffe, die miteinander unter Wärmeentwicklung reagieren, zum Beispiel bei der Verarbeitung von Beschichtungstoffen (Kunstharz- und Nitrolacke).

¹⁾ Interpretationspapier „Wesentliche Veränderung von Maschinen“, BMA vom 7. September 2000, IIIc 3-39607-3

Brandfördernd wirken zum Beispiel:

- Chromtrioxid
- erhöhte Sauerstoffkonzentration
- anorganische Peroxide

11.2.4 Unterweisung

Die Unterweisung ist

- vor Aufnahme der Tätigkeit (Einstellung, Versetzung),
- nach Bedarf bei sich veränderten Arbeitsbedingungen (z. B. neue Arbeitsmittel) und
- mindestens einmal jährlich durchzuführen.

Die Unterweisung muss vom Unternehmer oder von der Unternehmerin durchgeführt oder veranlasst werden. Dabei können unter anderem die Fachkraft für Arbeitssicherheit, die Betriebsärztin oder der Betriebsarzt und auch externe Fachleute unterstützen.

Ziel der Unterweisung ist, das sichere Arbeiten im Hinblick auf Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz bewusst zu machen und so ein sicherheitsgerechtes Verhalten zu bewirken.

Grundlage für die Unterweisung sind die Betriebsanweisungen.

Bei Unterweisungen soll unter anderem informiert werden über (VDI 2262 Blatt 2)

- die Organisationsstruktur im Bereich des Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzes und die Regelung der Zuständigkeiten (z. B. befähigte Person zur Prüfung von Lüftungsanlagen, Fachkraft für Arbeitssicherheit, Betriebsärztin und Betriebsarzt, Ersthelferinnen und Ersthelfer, Sicherheits- und Umweltschutzbeauftragte),
- mögliche Gefährdungen am Arbeitsplatz (Gefährdungen bei Ausfall der Lüftungsanlage, Gefährdungen bei falscher Anwendung),
- den Umgang mit Arbeitsmitteln und Einrichtungen (Benutzung von Absauganlagen, Sichtprüfung vor Arbeitsbeginn, Funktionsweise der Anlage),
- Verhaltensregeln und -maßnahmen während des Betriebsablaufs,
- Verhaltensregeln bei außergewöhnlichen Vorkommnissen (z. B. Störungen, Flucht- und Rettungsplan, Notrufnummern, Ausfall der Anlage, Sofortmaßnahmen, zu informierende Personen),

- Eignung, Einsatz und Pflege von persönlichen Schutzausrüstungen (Hygiene, Aufbewahrung, ggf. arbeitsmedizinische Vorsorge).

Unterweisungen sind zu dokumentieren und von den unterwiesenen Beschäftigten zu unterschreiben.

Aufgabe der Unternehmerinnen und Unternehmer ist es zu kontrollieren, ob die gewünschten Verhaltensänderungen durch die Unterweisung erreicht wurden. Anderenfalls waren Art, Umfang oder Häufigkeit der Unterweisung nicht ausreichend und müssen angepasst werden.

11.2.5 Instandhaltung und Reinigung

Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten an lufttechnischen Anlagen müssen regelmäßig durchgeführt werden. Hierzu ist ein Instandhaltungs- und Reinigungsplan unter Berücksichtigung der Gefährdungsbeurteilung aufzustellen, in dem

- die zu wartenden, zu inspizierenden und zu reinigenden Anlagenteile,
- die Wartungs-, Inspektions- und Reinigungsintervalle,
- die Verantwortungsbereiche festgelegt sind.

Beim Erstellen der Instandhaltungs- und Reinigungspläne sind die Angaben in den zugehörigen Betriebsanleitungen der Herstellfirma zu berücksichtigen.

Umfang und Häufigkeit der Wartungs-, Inspektions- und Reinigungsarbeiten richten sich zum Beispiel nach

- Größe und Art der Anlage,
- Einsatzhäufigkeit,
- Art und Menge der Luftverunreinigungen.

Die Instandhaltung umfasst nach DIN 31051 alle Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustands sowie zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustands. Hierzu gehören Wartung, Inspektion und Instandsetzung.

Die VDMA 24186 enthält Informationen zu Anlagenteilen, die gewartet und gereinigt werden müssen.

Die VDMA 24176 enthält Informationen zu den Merkmalen der Inspektion.

Weitere Informationen zur Reinigung und Wartung lufttechnischer Anlagen zur Aluminiumbearbeitung sind in der DGUV Regel 109-001 enthalten.

Lufttechnische Anlagen müssen für Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten außer Betrieb gesetzt und gegen unbefugtes Einschalten gesichert werden. Arbeitsprozesse, bei denen mit Luftverunreinigungen in gefährlicher Konzentration zu rechnen ist, müssen unterbrochen werden, wenn die Unterbrechung nicht durch eine Verriegelung nach Kapitel 6.6 sichergestellt ist.

Das Reinigen von Anlagenteilen, besonders von Luftleitungen und Abscheidern, sowie das Entfernen der abgelagerten oder abgeschiedenen Luftverunreinigungen ist so durchzuführen, dass

- Brand- und Explosionsgefahren vermieden werden; diese können zum Beispiel auftreten
 - durch Aufwirbelung brennbarer Stäube,
 - durch Ausgasen aus Ablagerungen,
- die im vorherigen Punkt genannten Luftverunreinigungen möglichst nicht in die Umgebungsluft gelangen,
- die Beschäftigten nicht durch freiwerdende Luftverunreinigungen gefährdet werden. Bei Bedarf ist für diese Tätigkeiten geeignete persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen. Basis für die Auswahl ist die Gefährdungsbeurteilung für die Reinigungsarbeiten.

Luftverunreinigungen gelangen nicht in die Umgebungsluft, wenn zum Beispiel

- zur Beseitigung von Luftverunreinigungen in Luftleitungen (abgelagerter Staub) geeignete Industriestaubsauger verwendet werden,
- Abscheider erst geöffnet werden, nachdem die automatische Abreinigung und die Bewegungen der geförderten Luft zum Stillstand gekommen sind,
- außerhalb der Anlage zu reinigende Abscheider, z. B. Kollektoren von elektrischen Abscheidern, nicht mit Druckluft, sondern mit Waschflüssigkeit gereinigt werden,
- zum Entfernen gesammelter Luftverunreinigungen Sammelbehälter für den einmaligen Gebrauch vorhanden sind, die nach dem Befüllen vorsichtig vom Abscheider getrennt und sofort sicher verschlossen werden.

Eine Gefährdung kann sich zum Beispiel auch ergeben, wenn Abscheider durch krankheitserregende Keime oder radioaktive Stoffe belastet sind. Besteht diese Möglichkeit, sollten vor Beginn der Reinigungsarbeiten

- der Grad der Belastungen festgestellt und
- entsprechende Schutzmaßnahmen festgelegt werden.

Mit Instandhaltungsarbeiten darf erst begonnen werden, wenn in den Anlagen keine Luftverunreinigungen mehr in zündfähigen oder gesundheitsgefährlichen Konzentrationen vorhanden sind.

Ist nach dem Außerbetriebsetzen von Anlagen mit Luftverunreinigungen in gesundheitsgefährlichen Konzentrationen (z. B. Freisetzen abgelagerter oder abgeschiedener Stäube, nachträgliches Ausgasen von Ablagerungen) zu rechnen, müssen Unternehmerinnen und Unternehmer dafür sorgen, dass Instandhaltungsarbeiten nur mit geeigneten persönlichen Schutzausrüstungen durchgeführt werden.

Können Luftverunreinigungen in gesundheitsgefährlicher Konzentration auch auf andere Personen einwirken, müssen Unternehmerinnen und Unternehmer dafür sorgen, dass diese Personen während der Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten die Gefahrenbereiche verlassen. Diese Bereiche dürfen nur mit geeigneter persönlicher Schutzausrüstung betreten werden.

Die Lagerung und Entsorgung angefallener Luftverunreinigungen muss in geeigneten Behältern gefahrlos erfolgen (Lagern, Behandeln, Befördern und Ablagern siehe Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) oder Strahlenschutzverordnung).

Bei Instandsetzungsarbeiten dürfen der Sicherheit dienende Anlagenteile nur gegen gleichwertige Teile ausgetauscht werden. Der Sicherheit dienende Anlagenteile sind zum Beispiel:

- Schalter und Antriebsmotoren in explosionsgeschützter Ausführung
- Filterelemente, besonders bei Rückführung der gereinigten Luft in den Arbeitsraum
- Einrichtungen zur Verriegelung

Bei Instandhaltungs-/Reinigungsarbeiten, zum Beispiel von Abscheidern für brennbare Stäube, die nicht durch die Herstellfirma erfolgen, muss auf den vollständigen und sachgerechten Zusammenbau geachtet werden (z. B. Erdungsmaßnahmen von Filterelementen).

11.2.6 Störungen

Bei Störungen an lufttechnischen Anlagen müssen, sofern mit Luftverunreinigungen in gesundheitsgefährlichen Konzentrationen zu rechnen ist, die Arbeitsprozesse unterbrochen und Gefahrenbereiche verlassen werden. Es muss dafür gesorgt werden, dass Gefahrenbereiche ausschließlich mit geeigneten, persönlichen Schutzausrüstungen betreten werden, sofern es unbedingt erforderlich ist. Es muss geprüft werden, ob eine explosionsfähige Atmosphäre vorliegt, wenn zum Beispiel bei Lösemitteldämpfen, brennbaren Stäuben etc. damit zu rechnen ist; gegebenenfalls sind vor dem Betreten weitere Schutzmaßnahmen erforderlich (vgl. sinngemäß DGUV Regel 113-004).

Störungen können zum Beispiel folgende Gründe haben:

- Ausfall des Ventilators
- defekte Filterelemente
- Ablagerungen in den Rohrleitungen
- mangelhafte Filterwirkung, besonders bei Rückführung der gereinigten Luft in den Arbeitsraum

Störungen können aber auch durch den Arbeitsprozess verursacht werden, zum Beispiel durch

- stärkere chemische Reaktion bei falscher Dosierung,
- mangelhafte Temperaturbegrenzung.

Anhang

Literatur

1. Nationale Gesetze und Verordnungen und dazugehörige Technische Regeln

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
ASR A3.6 „Lüftung“
ASR A3.7 „Lärm“
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) inkl. TRBS
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) inkl. TRGS
TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“
TRGS 420 „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien VSK für die Gefährdungsbeurteilung“
TRGS 460 „Handlungsempfehlung zur Ermittlung des Standes der Technik“
TRGS 553 „Holzstaub“
TRGS 554 „Abgase von Dieselmotoren“
TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“
TRGS 559 „Mineralischer Staub“
TRGS 560 „Lufrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“
TRGS 720 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines“
TRGS 722/TRGS 2152 Teil 2 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“
TRGS 725 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen“
TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“
TRGS 800 „Brandschutzmaßnahmen“
TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“
TRGS 903 „Biologische Grenzwerte (BGW)“
TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“
TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“
TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“
- Biostoffverordnung (BioStoffV)
- Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA)
- Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung – 9. ProdSV)
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV)
- Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)
- Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)
- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)
- Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung- StrlSchV)

2. Europäische Richtlinien

- RICHTLINIE 2014/34/EU [...] zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
- EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- RL 2009/125/EG [...] zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (ErP-Richtlinie)

3. DGUV Vorschriften, Regeln und Informationen und Grundsätze für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“
- DGUV Vorschrift 100-500 und 100-501 „Betreiben von Arbeitsmitteln“ 2.28 „Trockner für Beschichtungsstoffe“
- DGUV Regel 109-001 „Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“
- DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“
- DGUV Information 209-026 „Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen“
- DGUV Information 209-046 „Lackieräume und -einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe“
- DGUV Information 209-052 „Elektrostatisches Beschichten“
- DGUV Information 209-077 „Schweißrauche – geeignete Lüftungsmaßnahmen“
- DGUV Information 209-078 „Absauganlagen einkaufen – aber richtig!“
- DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“
- DGUV Information 213-701 – 213-725 „... Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung“
- DGUV Information 240-260 „Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem DGUV Grundsatz G 26 „Atemschutzgeräte“
- DGUV Grundsatz 309-012 „Prüfgrundsatz für die staubtechnische Prüfung von Luftreinigern“

4. Normen und Richtlinien

- **DIN 31051:2012-09**
„Grundlagen der Instandhaltung“
- **DIN 33404-3:2016-04**
„Gefahrensignale – Akustische Gefahrensignale – Teil 3: Einheitliches Notfallsignal“
- **DIN EN 842:2009-01**
„Sicherheit von Maschinen – Optische Gefahrensignale – Allgemeine Anforderungen, Gestaltung und Prüfung; Deutsche Fassung EN 842:1996+A1:2008“
- **DIN EN 1366-1:2014-12**
„Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 1: Lüftungsleitungen; Deutsche Fassung EN 1366-1:2014“
- **DIN EN 1366-2:2015-09**
„Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen – Teil 2: Brandschutzklappen; Deutsche Fassung EN 1366-2:2015“
- **DIN EN 1539:2016-02**
„Trockner und Öfen, in denen brennbare Stoffe freigesetzt werden – Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 1539:2015“
- **DIN EN 12599:2013-01**
„Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen; Deutsche Fassung EN 12599:2012“
- **DIN EN ISO 11690-1:1997-02**
„Akustik – Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen maschinenbestückter Arbeitsstätten – Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 11690-1:1996); Deutsche Fassung EN ISO 11690-1:1996“

VDI – Lüftungsregeln: eine Sammlung verschiedener Richtlinien zu dieser Thematik

- **VDI 3803 Blatt 5:2013-04**
„Raumluftechnik, Geräteanforderungen – Wärmerückgewinnungssysteme (VDI-Lüftungsregeln)“
- **VDI 2081 Blatt 1:2001-07**
„Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen“
- **VDI 2262 Blatt 3:2011-06**
„Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Lufttechnische Maßnahmen“

- **VDI 2262 Blatt 4:2006-03**
„Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Erfassen luftfremder Stoffe“
- **Richtlinienreihe VDI 2263**
„Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen“
- **Richtlinienreihe VDI 6022**
„Raumluftechnik, Raumlufqualität“
- **VDI 3674:2013-04**
„Abgasreinigung durch Adsorption – Prozessgas- und Abgasreinigung“
- **VDI 3676:1999-10**
Massenkraftabscheider“
- **VDI 3677 Blatt 1:2010-11**
„Filternde Abscheider – Oberflächenfilter“
- **VDI 3678 Blatt 1:2011-09**
„Elektrofilter – Prozessgas- und Abgasreinigung“
- **VDI 3679 Blatt 1:2014-07**
„Nassabscheider – Grundlagen, Abgasreinigung von partikelförmigen Stoffen“
- **VDMA 24176:2007-01**
„Inspektion von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden“

5. Andere Schriften

- Interpretationspapier zum Thema „Gesamtheit von Maschinen“ – Bek. d. BMAS v. 5.5.2011, IIIb5-39607-3
- Recknagel-Sprenger, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik – Kraft, G.: Raumluftechnik, Verlag Technik Berlin, München
- VdS 2106 – Richtlinien für Funkenerkennungs-, Funkenausscheidungs- und Funkenlöschanlagen, Planung und Einbau
- VdS 3445 – Brandschutz in Entstaubungsanlagen, Merkblatt zur Schadenverhütung
- VDMA Positionspapier, ATEX-Richtlinie – Filternde Abscheider (02/2017)
- VDMA Positionspapier, Maschinenrichtlinie für Filtersysteme und Abscheider (02/2017)

**Berufsgenossenschaft
Holz und Metall**

Isaac-Fulda-Allee 18
55124 Mainz

Internet: www.bghm.de