

**Hinweis:**

Hinsichtlich außer Kraft gesetzter Unfallverhütungsvorschriften, insbesondere des so genannten Maschinenaltbestandes, sowie älterer Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter, die unter ihrer bisherigen ZH 1-Nummer auch weiterhin anzuwenden sind, siehe Internetfassungen des HVBG

<http://www.hvbg.de/bgvr>

Berufsgenossenschaftliche  
Informationen für Sicherheit und  
Gesundheit bei der Arbeit

**BGI 5121**

**BG-Information**

# Arbeitsplatzlüftung

Entscheidungshilfen für die betriebliche Praxis

vom April 2007



**Carl Heymanns Verlag**

Ein Unternehmen von Wolters Kluwer Deutschland

Luxemburger Straße 449, 50939 Köln  
Telefon: (02 21) 94 37 30  
Telefax: (02 21) 94 37 3-603  
E-Mail: [verkauf@heymanns.com](mailto:verkauf@heymanns.com)  
[www.arbeitsicherheit.de](http://www.arbeitsicherheit.de)  
Nachdruck verboten

Fachausschuss  
„Einwirkungen und arbeitsbedingte  
Gesundheitsgefahren“  
der BGZ



**HVBG**  
Hauptverband der  
gewerblichen  
Berufsgenossenschaften

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
1 Wozu dient diese Entscheidungshilfe für die betriebliche Praxis? .....	3
2 Wann sind lufttechnische Maßnahmen notwendig? .....	4
3 Was ist Arbeitsplatzlüftung? .....	4
4 Welche Arten lufttechnischer Maßnahmen lassen sich einsetzen? ....	6
5 Welche Anlagenkomponenten werden unterschieden und was ist dabei zu beachten? .....	10
5.1 Erfassungselemente .....	11
5.2 Luftleitungen .....	12
5.3 Abscheider .....	13
5.4 Ventilatoren .....	14
5.5 Wärmerückgewinnungsanlagen .....	14
6 Welche organisatorischen Maßnahmen sind beim Betreiben einer Lüftungstechnischen Anlage zu beachten? .....	15
7 Zweistufige Checkliste für die Errichtung und Änderung einer lufttechnischen Anlage .....	18
8 Wer kann bei Fragen oder in Zweifelsfällen weiterhelfen? .....	27
9 Beispiele wirksamer lufttechnischer Anlagen aus verschiedenen Branchen .....	27
9.1 Metallschutzgasschweißen .....	27
9.2 Brennschneidisch-Absaugung .....	32
9.3 Absauganlage in einer Schweißerei .....	34
9.4 Spanabhebende Metallbearbeitung (Kühlschmierstoffe) .....	38
9.5 Spritz- und Pulverlackieren .....	41
9.6 Tisch und Formatkreissägen zur Holzbearbeitung .....	45
9.7 Be- und Entlüftung von gewerblichen Küchen .....	47
9.8 Arbeiten im Steinbruch .....	51
9.9 Trockene Bearbeitung mineralischer Werkstoffe mit handgeführten Maschinen .....	54
9.10 Trocken-Kernbohrungen in Kalksandstein .....	57
9.11 Handlaminierten von faserverstärkten Kunststoffen .....	60

# BGI 5121

	Seite
9.12 Entstaubung von Baustoffmischanlagen.....	63
9.13 Verladehalle mit LKW und Staplerverkehr .....	66
9.14 Bogenoffsetdruck mit UV-Trocknung .....	69
9.15 Siebdruckereien .....	74
9.16 Handbeschicken eines Rührwerkbehälters .....	78
9.17 Labor-Abzüge .....	82
9.18 Wärmerückgewinnung bei Entstaubungsanlagen .....	86
Anhang 1: Weitergehende Informationen zu Erfassungselementen .....	90
Anhang 2: Weitergehende Informationen zu Luftleitungen.....	94
Anhang 3: Weitergehende Informationen zu Partikelabscheidern .....	97
Anhang 4: Weitergehende Informationen zu Wärmerück- gewinnungsanlagen.....	103
Anhang 5: Beispiel einer Betriebsanweisung .....	106
Anhang 6: Beispiel einer Checkliste „Instandhaltung und Prüfung von Absauganlagen“ .....	107
Kopiervorlage Checkliste.....	108

Ziel dieser BG-Information ist es, den Betrieben grundlegende Informationen zu lufttechnischen Anlagen an die Hand zu geben. Mit Hilfe einer Checkliste und branchenspezifischen Beispielen guter praktischer Lösungen soll den Betrieben die Auswahl einer geeigneten lufttechnischen Anlage erleichtert und Fehlinvestitionen vermieden werden.

In diesem Sinne konkretisiert diese BG-Information auch die BG-Regel „**Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen**“ (**BGR 121**) und dient, wie die vorstehend genannte BG-Regel, als Grundlage zur Umsetzung der Forderungen aus der Gefahrstoffverordnung.

Wir empfehlen Ihnen, bei Fragen zur Arbeitsplatzlüftung auch Ihre zuständige Berufsgenossenschaft zu Rate zu ziehen.

Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis haben gezeigt, dass lufttechnische Anlagen vielfach nicht ausreichend wirken, falsch dimensioniert oder mit Blick auf ihre Wirksamkeit zu kostenintensiv sind.

Es ist ratsam, bereits **bei der Planung** einer Werkhalle, **vor** der Beschaffung einer Maschine oder **vor** der Einführung eines neuen Verfahrens möglicherweise erforderliche lufttechnische Anlagen frühzeitig zu berücksichtigen (Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung). Dies erspart erhebliche Kosten gegenüber einer Nachrüstung.

Allgemeine Katalogangaben oder Musterlösungen reichen jedoch meist nicht aus, um die betrieblichen Gegebenheiten ausreichend zu berücksichtigen und die erwarteten Wirkungen zu erzielen. Wirksame lufttechnische Anlagen bedürfen in der Regel einer umfangreichen fachlichen Beratung. Hierbei sind z.B. Raumsituation, Arbeitsplatzsituation (stationär, wechselnd), Gefahrstoffe, Luftgeschwindigkeiten, Volumenströme, Zuluft, Luftführung, Querluftströmungen, Thermikströmungen, Form der Erfassungseinrichtung, Reinlufrückführung, Filterung, Wärmerückgewinnung oder dergleichen zu berücksichtigen.

# BGI 5121

## 2 Wann sind lufttechnische Maßnahmen notwendig?

Schädliche Stoffe in der Raumluft können die Gesundheit der Menschen am Arbeitsplatz beeinträchtigen. Um eine Gesundheitsgefährdung zu vermeiden, sind in vielen Fällen Maßnahmen erforderlich, um mit Gefahrstoffen verunreinigte Luft gegen saubere Luft auszutauschen. Dies geschieht mit technischen Anlagen zur Arbeitsplatzlüftung (im Folgenden als „lufttechnische Anlagen“ bezeichnet).

Werden bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen (Gefährdungsbeurteilung) Gefährdungen durch Gefahrstoffe gemäß §§ 9 bis 11 der Gefahrstoffverordnung ermittelt, sind geeignete Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Beschäftigten zu treffen.

Dabei gilt nachfolgende Rangfolge:

1. **Vermeiden von Emissionen** durch Verwendung von Stoffen oder den Einsatz von Verfahren, die zu keiner Gefährdung führen.
2. **Erfassen der Emissionen** (Absaugung) an der Entstehungsstelle.
3. **Geeignete Raumlüftung**; diese Maßnahme kann gegebenenfalls auch zusätzlich zur Absaugung erforderlich sein.
4. Lassen sich nach sachgerechter Prüfung der bisher genannten Maßnahmen Gefährdungen nicht ausschließen, sind geeignete **persönliche Schutzausrüstungen**, z.B. Atemschutz, zur Verfügung zu stellen und zu benutzen. Das Tragen von belastenden persönlichen Schutzausrüstungen darf keine ständige Maßnahme sein.

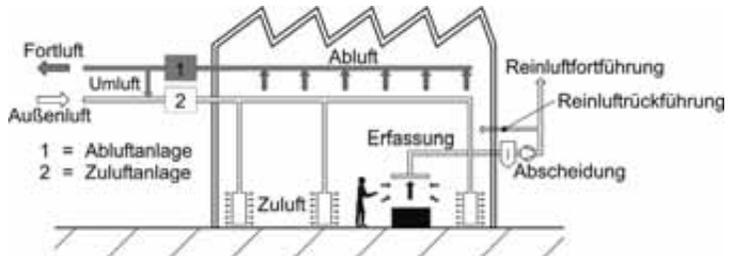
## 3 Was ist Arbeitsplatzlüftung?

**Arbeitsplatzlüftung** ist ein Austausch von verunreinigter gegen saubere Luft. Der Austausch kann über die maschinelle (technische) Lüftung oder die freie (natürliche) Lüftung erfolgen.

### 3.1 Maschinelle oder technische Lüftung

Maschinelle oder technische Lüftung ist anzuwenden, wenn freie Lüftung (siehe Abschnitt 3.2) nicht ausreicht.

Maschinelle Lüftung ist der Luftaustausch durch Förderung der Luft mit Hilfe von Strömungsmaschinen, z.B. Ventilatoren, Gebläse, Turbinen.



**Abbildung 1:** Prinzip der maschinellen Lüftung

Es ist darauf zu achten, dass Luftverunreinigungen am Ort ihrer Austritts- oder Entstehungsstelle erfasst (abgesaugt) werden, um durch geeignete Einrichtungen eine Ausbreitung zu verhindern oder zu verringern. **Dabei ist die Wahl der geeigneten Erfassungseinrichtung und ihrer Anordnung von entscheidender Bedeutung.**

Besonders wirkungsvoll sind Maßnahmen, die **zwangsläufig** (ohne weiteres Zutun) wirken. Dazu zählen Erfassungseinrichtungen, die den gesamten Arbeitsbereich erfassen, z.B. Kapselung von Bearbeitungsmaschinen, oder an der Entstehungsstelle der Luftverunreinigungen wirksam sind, z.B. Schweißbrenner mit integrierter Absaugung, Schutzschildabsaugung, siehe Beispiel 9.1.

## 3.2 Freie oder natürliche Lüftung

Freie Lüftung ist ein Luftaustausch von Raumluft gegen Außenluft durch Druckunterschiede infolge Wind oder Temperaturdifferenzen.

# BGI 5121



**Abbildung 2:** Prinzip der freien Lüftung

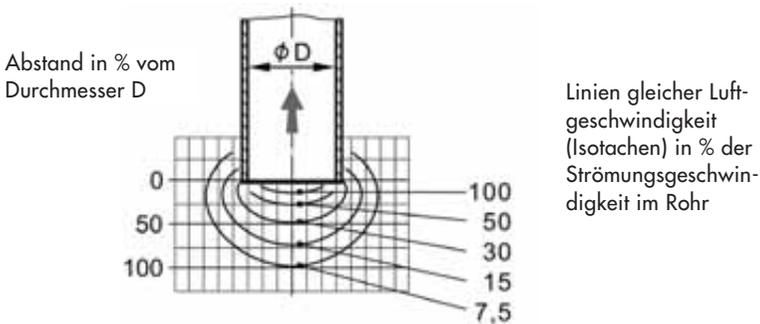
Bei freier Lüftung, z.B. Fenster, Türen, Tore, müssen die Anforderungen an die Raumluft auch unter jahreszeitlich ungünstigen Witterungsverhältnissen erfüllt sein. Freie Lüftung kann immer dann als ausreichend angesehen werden, wenn nach Gefährdungsbeurteilung eine geringe Gefährdung auf Grund von Arbeiten

- geringen Umfanges,
  - mit kleinen Mengen,
  - mit Stoffen geringen Gefährdungspotenzials
- vorliegt.

## 4 Welche Arten lufttechnischer Maßnahmen lassen sich einsetzen?

Lassen sich Luftverunreinigungen nicht vermeiden, ist eine **Erfassung direkt an der Entstehungs- oder Austrittsstelle** erforderlich.

Vielfach besteht die Auffassung, dass eine Erfassungseinrichtung z.B. in Form eines flexiblen Rohres, das sich über dem Arbeitsplatz befindet, ausreicht, um die entstehenden Luftverunreinigungen sicher zu erfassen. Die physikalischen Gegebenheiten zeigen jedoch, dass häufig nur geringe Anteile der Luftverunreinigungen erfasst und damit aus dem Arbeitsbereich der Beschäftigten entfernt werden.



**Abbildung 3:** Erfassungseinrichtung

Die Abbildung 3 macht deutlich, dass mit zunehmendem Abstand von der Erfassungseinrichtung die Luftgeschwindigkeit und damit das Erfassungsvermögen stark abnimmt. Bereits im Abstand eines Rohrdurchmessers beträgt die Luftgeschwindigkeit nur noch 7,5 % der Luftgeschwindigkeit im Rohr.

Dadurch ist klar, dass die Erfassungseinrichtung möglichst **nahe** an die Entstehungsstelle (Emissionsquelle) herangeführt werden muss.

Durch die Anbringung eines Flansches an das Rohr ergibt sich ein erheblich höheres Erfassungsvermögen.

Bei ortsveränderlichen Emissionsquellen, z.B. langen Schweißnähten, muss die Erfassungseinrichtung nachgeführt werden. Die betrieblichen Erfahrungen zeigen, dass Beschäftigte dies als besonders lästig empfinden und es dem kontinuierlichen Fortgang der Arbeit, gegebenenfalls auch der Qualität, entgegensteht.

Eine weitere Störgröße können Querluftströmungen sein, die in jedem Raum vorhanden sind. Bereits geringe Querströmungen (0,1 bis 0,2 m/s) beeinträchtigen die Erfassung.

## BGI 5121



**Abbildung 4: So nicht!**

Bei diesem Abstand zwischen Schweißstelle und Erfassungseinrichtung ist eine wirksame Erfassung nicht mehr gegeben.

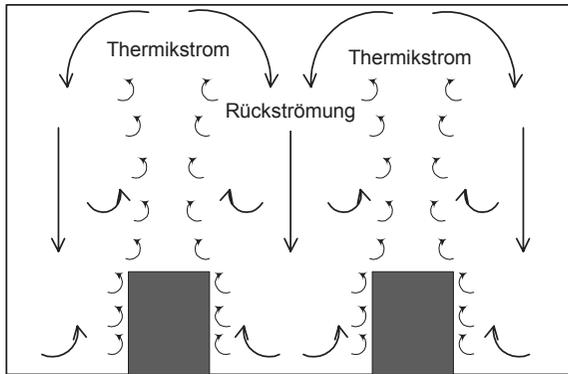


**Abbildung 5: Aber so!**

Durch einen geringen Abstand zwischen Schweißstelle und Erfassungseinrichtung sowie eines Erfassungselementes als Flanschplatte erzielt man eine wirksame Erfassung.

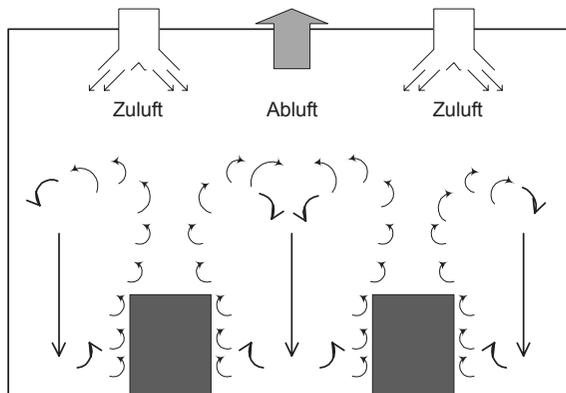
**Lassen sich Luftverunreinigungen nicht ausreichend an der Entstehungsstelle erfassen**, z.B. bei ortsveränderlichen Emissionsquellen, muss der Arbeitsbereich zusätzlich zur Absaugung ausreichend gelüftet werden (**Raumlüftung**). Bei der Raumlüftung ist eine wirksame Luftführung die wichtigste Voraussetzung. Zuluft und Abluft müssen so geführt werden, dass Luftverunreinigungen nicht in den Atembereich der Beschäftigten gelangen.

Ohne Lüftung steigt in einer geschlossenen Halle durch die vorhandene Wärme die Luft nach oben, kühlt dabei ab und fällt an den Wänden wieder nach unten. Es bilden sich Luftwalzen aus. Dies ist ein ständiger Luftkreislauf, der in Abbildung 6 zu erkennen ist.



**Abbildung 6:** Luftkreislauf ohne Lüftungsmaßnahmen

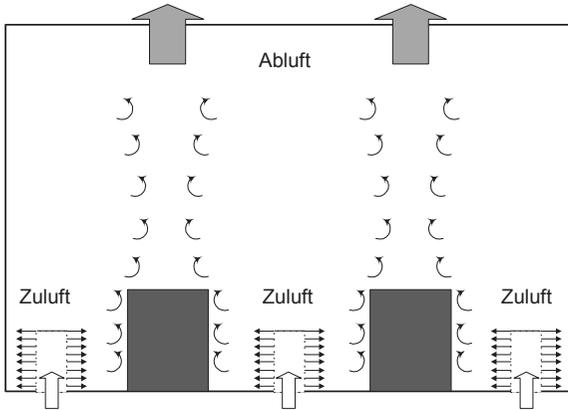
Durch hohe Zuluftgeschwindigkeiten im Deckenbereich der Halle werden die Thermikströme gestört. Die Raumluft mit den Verunreinigungen bewegt sich unkontrolliert in der Halle und somit auch im Atembereich der dort Beschäftigten.



**Abbildung 7:** Störung der Thermikströme durch die Zuluft von oben

## BGI 5121

Wird die Zuluft im unteren Hallenbereich impulsarm zugeführt, unterstützt sie die Thermikströme nach oben. Dort kann die verunreinigte Luft erfasst und fortgeleitet werden. Ein Beispiel dafür ist die Schichtenströmung.



**Abbildung 8:** Optimale Luftführung durch Schichtenströmung

Bei richtiger Auslegung der Zuluft entsteht eine schadstoffarme Schicht im Arbeitsbereich. Berechnungen hierzu sind von Fachleuten der Lüftungstechnik durchzuführen.

Auch Ihre Berufsgenossenschaft berät Sie bei Fragen zur Arbeitsplatzlüftung.

### 5 Welche Anlagenkomponenten werden unterschieden und was ist zu beachten?

Zu den Anlagenkomponenten zählen Erfassungselemente, Luftleitungen, Abscheider, Ventilatoren sowie Wärmerückgewinnungsanlagen.

5.1 Erfassungselemente

Mit Hilfe von Erfassungseinrichtungen werden Luftverunreinigungen an der Austritts- oder Entstehungsquelle erfasst.

Erfassungseinrichtungen lassen sich in drei Bauarten unterteilen. Die Reihenfolge entspricht der abnehmenden Wirksamkeit.

**Geschlossene Bauart**



Abbildung 9: Kapselung einer Siebdruckmaschine

**Halboffene Bauart**



Abbildung 10: Lackierstand mit Wirbelhaube

# BGI 5121

## Offene Bauart



**Abbildung 11:** Düsenplatte zur Absaugung an einem Schmelztiegel

Wesentlich bei der richtigen Auswahl des Erfassungselementes ist, dass der Arbeitsprozess durch die Erfassung nicht behindert wird. Es muss daher nach Lage und Art der Emissionsquelle angepasst sein.

**Weitergehende Informationen siehe Anhang 1.**

## 5.2 Luftleitungen

Innerhalb einer lufttechnischen Anlage haben Rohrleitungen und Kanäle die Aufgabe, Luft zu verteilen, zu sammeln und zu transportieren. Sie sind dabei je nach Anwendung unterschiedlichen Belastungen durch reine Luft, Gase, Dämpfe oder Stäube mit Über- oder Unterdruck, Abrieb, hohen Temperaturen, chemischem Angriff usw. ausgesetzt.

Daraus ergeben sich einige Anforderungen, die grundsätzlich erfüllt sein müssen:

- Luftdichte Ausführung für den jeweils vorliegenden Unter- oder Überdruck,
- glatte Innenflächen für geringen Strömungswiderstand und Vermeidung von Ablagerungen,

- gute Reinigbarkeit durch leicht demontierbare Leitungen oder ausreichende Größe und Anzahl von Reinigungsöffnungen,
- Beständigkeit gegen Korrosion und Abrasion,
- strömungsgünstige Ausbildung der Formteile,
- Erfüllung der Brand- und gegebenenfalls Explosionsschutzanforderungen.

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

### **Weitergehende Informationen siehe Anhang 2.**

Generelle Anforderungen an Rohrleitungen und Kanäle (siehe auch Abschnitt 3.5.3.6 der BG-Regel „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ [BGR 121])

## 5.3 **Abscheider**

Abscheider, z.B. Filter, dienen der Trennung von festen oder flüssigen Partikeln aus der Luft.

Zur Abscheidung dieser Partikel unterscheidet man:

- Filternde Abscheider,
- Massenkraftabscheider,
- Elektrische Abscheider  
und
- Nassabscheider.

Demgegenüber werden Gase und Dämpfe durch Adsorption, z.B. Aktivkohle, Absorption, z.B. in Waschflüssigkeit, sowie durch katalytische oder biologische Umwandlung abgeschieden.

Eine gleichzeitige Abscheidung von Partikeln einerseits und Gasen oder Dämpfen andererseits ist nur in Ausnahmefällen, z.B. in filternden Abscheidern, bei Zugabe eines Trockenadditivs oder in Nassabscheidern möglich.

Die Auswahl des geeigneten Systems und seine richtige Auslegung sind für den Betreiber ohne spezielle Erfahrungen meist schwierig, zumal in der betrieblichen Praxis kaum Gelegenheit besteht, verschiedene Systeme unter denselben Bedingungen zu vergleichen. Zudem schreitet die technische Entwicklung ständig fort und man-

## BGI 5121

che Erkenntnisse werden von Herstellern, Anlagenbauern und -betreibern aus Wettbewerbsgründen sorgsam gehütet.

Im konkreten Bedarfsfall sollte deshalb für die Planung ein erfahrener Fachingenieur zu Rate gezogen werden und die Eignung des angebotenen Systems, z.B. durch Referenzanlagen, die sich für dieselbe Aufgabenstellung bewährt haben, sichergestellt sein.

Die charakteristischen Eigenschaften der Abscheidesysteme werden in Anhang 3 beschrieben. Einen orientierenden Überblick über die wichtigsten Bauarten und typischen Kenngrößen sowie über Einsatzmöglichkeiten und -grenzen sind dort in Tabelle 1 (Filternde Abscheider) und Tabelle 2 (Massenkraft-, Elektro- und Nassabscheider) zusammengestellt.

**Weitergehende Informationen siehe Anhang 3.**

### 5.4 Ventilatoren

Ventilatoren müssen so ausgelegt sein, dass der zur Erfassung der Gefahrstoffe erforderliche Volumenstrom stets vorhanden ist. Dabei sind Strömungswiderstände durch Anlagenteile, z.B. Luftleitungen, Drosseleinrichtungen, Abscheider, zu berücksichtigen.

Bei der Anordnung des Ventilators ist eine leichte Zugänglichkeit für Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten zu gewährleisten.

Grundsätzlich sind erforderliche Maßnahmen zur Reduzierung von Luft- und Körperschall zu berücksichtigen. Unter anderem kann es sinnvoll sein, den Ventilator außerhalb des Arbeitsraumes anzubringen.

### 5.5 Wärmerückgewinnungsanlagen

Auf Grund gesetzlicher Bestimmungen (siehe § 1, § 3 Abs. 1 der Energieeinsparverordnung) hat der Betreiber die Wärmeverluste eines Gebäudes, in dem sich seine Betriebsstätte befindet, auf ein technisch erreichbares Maß zu begrenzen. Dazu zählt auch, dass die in der Abluft (Raumabluft, Erfassungsluft) enthaltene Wärme einer Wiedernutzung zugeführt und gegebenenfalls überschüssige Wärme an Dritte abgegeben werden sollte.

Der Austausch von Raumluft durch Außenluft (Frischlufte) führt während der Heizperioden zu Wärmeverlusten, die z.B. durch die Beheizung der Zuluft ausgeglichen werden müssen.

Zur Wärmenutzung bei lufttechnischen Anlagen sind zwei unterschiedliche Verfahren zu berücksichtigen:

- Wärmerückgewinnung über Wärmetauscher (Wärmerückgewinner).

Bei der **Wärmerückgewinnung** wird die Wärme über Wärmetauscher von der Abluft oder Erfassungsluft an die Zuluft übertragen.

- Rückführung gereinigter Erfassungsluft (Reinlufrückführung).

Bei der **Reinlufrückführung** wird die Erfassungsluft gereinigt und anschließend insgesamt oder teilweise in den Arbeitsraum zurückgeführt.

Eine Rückführung gereinigter Erfassungsluft ist nur gemäß der Gefahrstoffverordnung zulässig.

Während bei der Wärmerückgewinnung auf Grund von Übertragungsverlusten nur ein Teil der Wärme zurückgewonnen werden kann, wird bei der Reinlufrückführung die in der Erfassungsluft enthaltene Wärme nahezu vollständig wieder genutzt.

**Weitergehende Informationen siehe Anhang 4.**

### 6 Welche organisatorischen Maßnahmen sind beim Betreiben einer Lüftungstechnischen Anlage zu beachten?

#### 6.1 Unterweisung

Mitarbeiter müssen mindestens einmal jährlich über die bei ihren Tätigkeiten auftretenden Gefahren sowie über Maßnahmen zu ihrer Abwendung unterwiesen werden. Betriebsanweisungen bilden bei Arbeiten mit Anlagen zur Arbeitsplatzlüftung eine Grundlage für Unterweisungen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind zu dokumentieren und von den unterwiesenen Mitarbeitern zu bestätigen.

# BGI 5121

## 6.2 Betriebsanweisung

In einer Gefährdungsbeurteilung sind durch den Unternehmer die Gefährdungen zu erfassen, das Risiko einzuschätzen und Maßnahmen festzulegen.

Er hat auf Grund des Ergebnisses der Gefährdungsbeurteilung Betriebsanweisungen zu erstellen, die das Verhalten im Betrieb zur Vermeidung von Unfall- und Gesundheitsgefahren regeln und an die Mitarbeiter gerichtet sind.

Inhaltlich enthalten sie sicherheitstechnische Hinweise für das bestimmungsgemäße Betreiben, für die Instandhaltung und Reinigung, bei Störungen und für die Prüfung.

Demgegenüber sind **Betriebsanleitungen** Angaben des **Herstellers** zum sachgerechten, bestimmungsgemäßen und sicheren Betreiben. Eine Betriebsanleitung ist keine Betriebsanweisung!

## 6.3 Instandhaltung und Reinigung

Anlagen zur Arbeitsplatzlüftung müssen regelmäßig instand gehalten und gereinigt werden, damit die Funktionsfähigkeit erhalten bleibt.

In einem Instandhaltungs- und Reinigungsplan sind

- die instand zu haltenden und zu reinigenden Anlagenteile,
- die Instandhaltungs- und Reinigungsintervalle,
- die Verantwortlichen

festzulegen.

Zu den Anlagen zählen nicht nur die Lüftereinheiten und Erfassungseinrichtungen, sondern auch die Luftleitungen und Abscheider.

Mitarbeiter dürfen während der Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten durch freiwerdende Luftverunreinigungen nicht gefährdet werden; ebenso sind Brand- und Explosionsgefahren auszuschließen.

In einer Gefährdungsbeurteilung sind die Gefährdungen während der Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten zu erfassen, das Risiko einzuschätzen und Maßnahmen festzulegen. Diese finden sich dann in der Betriebsanweisung für die entsprechenden Arbeiten an den bezeichneten Anlagen wieder.

**Weitergehende Informationen siehe Anhang 5.**

**6.4 Prüfung**

Die Wirksamkeit von lufttechnischen Anlagen muss regelmäßig geprüft werden.

Vor der ersten Inbetriebnahme, nach wesentlichen Änderungen und regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich, muss eine fachlich befähigte Person diese Prüfung durchführen. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren. Um eindeutige Aussagen zu treffen, gehört zu der Prüfung auch eine Funktionsmessung, z.B. Volumenstrom, Luftgeschwindigkeit. Messpunkte für die nachfolgenden Funktionsmessungen müssen bei der Abnahmeprüfung festgelegt werden. Weichen die Ergebnisse von den Sollwerten ab, sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

**Weitergehende Informationen siehe Anhang 6.**



**Abbildung 12:** Messung der Wirksamkeit einer lufttechnischen Anlage mit einem Thermoanemometer

## 7 Zweistufige Checkliste für die Errichtung und Änderung einer lufttechnischen Anlage

Wer sich mit dem Gedanken beschäftigt, eine lufttechnische Anlage zu planen, ist mit technischen und rechtlichen Anforderungen einerseits und einer nahezu unüberschaubaren Vielfalt an Angeboten möglicher lufttechnischer Anlagen konfrontiert.

Diese Checkliste soll helfen, eine Bestandsaufnahme durchzuführen, die Anforderungen an die lufttechnische Anlage zu formulieren und eingehende Angebote hinsichtlich ihrer Eignung zu vergleichen. So soll vermieden werden, entscheidende Fehler bei Planung und Ausführung zu machen.

Die Checkliste ist in zwei Stufen aufgebaut:

Zunächst wird der Ist-Zustand erhoben. Dabei werden z.B. Fragen zur Raumsituation, der Motivation zur Installation einer lufttechnischen Anlage erhoben.

Im zweiten Schritt werden Randbedingungen formuliert, um möglichst gute Hilfestellungen zur Formulierung der konkreten Anforderungen, die an die Anlage zu stellen sind, zu geben. Hierbei kann es hilfreich sein, sich Unterstützung von der zuständigen Sicherheitsfachkraft oder Ihrer Berufsgenossenschaft einzuholen.

Die Checkliste ist eine Hilfestellung. Sie kann deshalb weder Anspruch auf Vollständigkeit erheben, noch kann sie sachverständigen Rat, der in Zweifelsfällen immer eingeholt werden sollte, ersetzen.

**Hinweis: Am Ende dieser BG-Information befindet sich eine Kopiervorlage der Checkliste.**

## Erste Stufe: Ist-Aufnahme

Nr.	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
1.1	Größe des betroffenen Raumes/Hallenbereiches	<p><b>Praxistipp:</b> Je größer der betroffene Hallenbereich ist, desto aufwändiger und teurer wird die lufttechnische Anlage.</p>		
1.2	Lage zur Hauptwindrichtung Besonderheiten der Lage	<p><b>Hinweis:</b> Die Windrichtung hat Einfluss auf eine natürliche Lüftung. Bei der Lage sind besondere geographische Gegebenheiten, z.B. Muldenlagen, die Nachbarbauten und unter anderem stark befahrene Straßen und -kreuzungen von Interesse.</p>		
1.3	Anzahl und Lage von Türen, Toren, Fenstern	<p><b>Hinweis:</b> geöffnete Türen/Tore in Windrichtung oder gegenüber beeinflussen die lufttechnische Anlage erheblich.</p>		
1.4	typische (Luft-)Temperatur	<p><b>Hinweis:</b> Besondere Raumtemperaturen können zu besonderen Anforderungen der lufttechnischen Anlage führen. Im Bereich von 10 bis 40 °C gibt es in der Regel keine besonderen Anforderungen.</p>		
1.5	Luftfeuchte und deren Besonderheiten	<p><b>Hinweis:</b> Treten durch die Arbeiten besonders hohe oder besonders niedrige Luftfeuchten auf?</p>		

## Erste Stufe: Ist-Aufnahme

Nr.	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
1.6	Luftgeschwindigkeit/Zugluft	<p><b>Hinweis:</b> Zur Belüftung ist eine gewisse Luftgeschwindigkeit notwendig. Ist diese zu hoch oder auf bestimmte Körperpartien konzentriert, kann es zu Zugerscheinungen kommen.</p>		
1.7	Thermikströmungen durch Wärme	<p><b>Hinweis:</b> Alle warmen Oberflächen erzeugen Thermikströmungen. Dies kann schon an Oberflächen mit 30 °C Oberflächentemperatur auftreten und verstärkt sich, je größer und heißer die Oberfläche ist.</p>		
1.8	Vorhandene lufttechnische Anlage(n)	<p><b>Hinweis:</b> Sofern eine lufttechnische Anlage vorhanden ist, können gegebenenfalls Bauelemente weiterverwendet werden. Auch sind weitere Parameter für die Erweiterung der Anlage von Interesse, wie Luftleistung, Zulufmenge, Abluftmenge, Luftführung oder dergleichen.</p>		
1.9	Grund für die Errichtung/Erweiterung einer lufttechnischen Anlage	<p><b>Hinweis:</b> Es gibt verschiedene Gründe, z.B. ein Gefahstoffproblem, die Erhöhung der Produktqualität oder den Schutz von Produktionsanlagen.</p>		

## Erste Stufe: Ist-Aufnahme

Nr.	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
1.10	Technische/betriebliche Möglichkeiten	<p><b>Hinweis:</b> Es geht hier um den Investitionsrahmen und die laufenden Kosten (Betrieb, Wartung, Instandhaltung), die eine lufttechnische Anlage erzeugt. Diese sind vom Planer möglichst exakt abzuschätzen.</p>		
1.11	Liste der freigesetzten Stoffe und deren Eigenschaften	<p><b>Hinweis:</b> Handelt es sich um partikelförmige Stoffe (Stäube, Rauche, Aerosole) oder Gase? Sind diese Stoffe Gefahrstoffe, und gibt es eventuelle Brand- und Explosions-Gefahren? Sind die Stoffe luftgetragen (Rauche, Gase) oder werden sie von einem Thermikstrom transportiert?</p>		
1.12	Quellen für diese Stoffe	<p><b>Hinweis:</b> Es gibt verschiedene Quellen, unter anderem Maschinen, Arbeitsverfahren, diffuse Quellen.</p>		
1.13	Bereits eingesetzte Maßnahmen zur Vermeidung/Verminderung der Stoffe	<p><b>Hinweis:</b> Maßnahmen, die bereits eingesetzt werden, reichen nicht aus. Daher ist zu überlegen, an welchen Punkten weitere Maßnahmen sinnvoll sind.</p>		

## Erste Stufe: Ist-Aufnahme

Nr.	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
1.14	Weitere Möglichkeiten der Vermeidung/Verminderung	Hinweis: Die beste Möglichkeit zur Vermeidung ist der Ersatz der Stoffe oder eine Änderung im Arbeitsverfahren. Sofern dies nicht möglich ist oder ausreicht, können mit Hilfe von direkter Erfassung oder Kapselung von Maschinen ebenfalls Verbesserungen erzielt werden.		

## Randbedingungen für die Erweiterung bzw. die Errichtung einer lufttechnischen Anlage bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

### Zweite Stufe: Randbedingungen

Nr.	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
2.1	Direkte Erfassung der Stoffe oder Raumlüftung	Hinweis: Direkte Erfassung ist in der Regel effektiver, da die Stoffe an der Entstehungsstelle erfasst und abgeführt werden. Dies bedeutet meist auch geringere Investitionen und Betriebskosten.		
2.2	Erfassungseinrichtungen bei direkter Erfassung	Hinweis: Wo möglich sind geschlossene Erfassungseinrichtungen (Kapselung) einzusetzen. Falls nicht möglich halboffene oder offene Erfassungseinrichtungen.		

## Zweite Stufe: Randbedingungen

Nr.	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
2.3	Notwendiger Absaugvolumenstrom	<b>Hinweis:</b> Der Absaugvolumenstrom ist anhand der Erfassungselemente und der Ausbreitung der Stoffe vom Planer festzulegen.		
2.4	Reinigung der abgesaugten Luft, Ablufführung	<b>Hinweis:</b> Die Reinigung der abgesaugten Luft kann zentral oder dezentral (Gruppen-, Einzelabscheider) erfolgen. Die gereinigte Luft kann in den Raum zurückgeführt (Reinluftführung) oder aus der Halle fortgeführt werden. Bei der Reinluftführung sind bei kreberzeugenden Stoffen die Technischen Regeln für Gefahrstoffe „Luftführung beim Umgang mit kreberzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 560) zu beachten. Bei der Fortführung ist die TA Luft immer zu beachten.		
2.5	Aufstellort	<b>Hinweis:</b> Die Aufstellung kann außen, in einem separaten Raum oder in der Halle erfolgen.		
2.6	Maximale Konzentration in der Reinfluft	<b>Praxistipp:</b> Die Leistungsfähigkeit ist vom Hersteller schriftlich zu bestätigen.		

## Zweite Stufe: Randbedingungen

Nr.	Abscheidertyp	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
2.7		<p><b>Hinweis:</b> Je nach Stoff und Menge können verschiedene Abscheider eingesetzt werden. So gibt es Partikelabscheider (Filternder Abscheider, Nass-, Elektroabscheider) und Gasabscheider. Auch das Abreinigungssystem und der Staubaustrag sind von Interesse. Hier kann eine sachverständige Hilfestellung, z.B. ihrer Berufsgenossenschaft, bei der Auswahl weiterhelfen.</p> <p><b>Praxistipp:</b> Referenzen einholen, und gegebenenfalls besichtigen</p>			
2.8	Lufleitungen	<p><b>Hinweis:</b> Je nach Stoff sind die Bauart, die verwendeten Werkstoffe, die Druckverluste sowie die strömungsgünstige Verlegung und Wartungsöffnungen zu berücksichtigen.</p>			
2.9	Druckverluste im System, Ventilatoren	<p><b>Hinweis:</b> Es sind vom Planer die Gesamtdruckdifferenz von Leitungen und Abscheider zu ermitteln. Danach sind geeignete Ventilatoren auszuwählen: Niederdruck- (Axial)-, Mitteldruck- (Radial)-ventilator oder Hochvakuumzerzeuger, je nach Anforderung.</p>			

## Zweite Stufe: Randbedingungen

Nr.	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
2.10	Volumenstrom beim tatsächlichen Anlagendruckverlust	<p><b>Hinweis:</b> Es sind der Leistungsbedarf bzw. die Motorleistung zu ermitteln. Wie hoch ist der Schallpegel und welcher Wartungsbedarf liegt vor bei Einsatz eines Direkt- oder Riemenantriebes?</p> <p><b>Praxistipp:</b> Diese Daten können der Ventilator Kennlinie von Fachleuten entnommen werden. Hierzu kann Ihre Berufsgenossenschaft Hilfestellung geben.</p>		
2.11	Raumlüftung zum Ersatz der abgesaugten Luft oder zusätzlich erforderlich	<p><b>Hinweis:</b> Sofern Luft abgesaugt wird, muss frische Luft nachströmen. Soll dies durch Fenster- und Türnlüftung erfolgen, ist dies zu jeder Zeit zu gewährleisten, auch bei Regen oder im Winter.</p>		
2.12	Lufführung	<p><b>Hinweis:</b> Es gibt zwei Prinzipien der Raumlüftung, die als Mischlüftung und Schichtenströmung bezeichnet werden. Beide werden im Abschnitt 4 dieser BG-Information kurz beschrieben.</p>		
2.13	Wärmerückgewinnung	<p><b>Hinweis:</b> Aus Gründen der Energieeinsparung ist die Wärmerückgewinnung zu prüfen. Weitere Informationen siehe Abschnitt 5.5 und Anhang 4.</p>		

## Zweite Stufe: Randbedingungen

Nr.	Hinweise, Praxistipps	Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich
2.1.4	Technische Dokumentation	<p><b>Hinweis:</b> Zur Dokumentation gehören Betriebsanleitung (mit bestimmungsgemäßer Verwendung), Wartungsanleitung (mit Wartungsplan) und Sicherheitshinweise. Auch eine Konformitätserklärung (CE) sowie die Schulung für Wartung und Betrieb sind hier zu nennen.</p>		
2.1.5	Abnahmeprüfung	<p><b>Hinweis:</b> Bei der Abnahme ist die Vollständigkeit zu überprüfen, es ist eine Funktionsprüfung mit Messung der Volumenströme durchzuführen. Zu einer Abnahmeprüfung gehören auch die Messung der Arbeitsplatzkonzentration sowie die Messung der Emissionswerte.</p>		
2.1.6	Auftragsvergabe	<p><b>Hinweis:</b> Vertragsbestandteil sollte sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Einhaltung der einschlägigen Anforderungen für Sicherheit und Gesundheitsschutz,</li> <li>– Festlegung der Sollwerte der Anlage,</li> <li>– Abnahmeprüfung in Anlehnung an DIN EN 12599.</li> </ul>		

**8 Wer kann bei Fragen oder in Zweifelsfällen weiterhelfen?**

- Fachkraft für Arbeitssicherheit gegebenenfalls unter Hinzuziehung des Betriebsarztes
- Ihre zuständige Berufsgenossenschaft
- Der staatliche Arbeitsschutz

**9 Beispiele wirksamer lufttechnischer Anlagen aus verschiedenen Branchen**

Die nachfolgenden Beispiele sind allgemeiner oder spezieller Art. Die speziellen Beispiele sind Einzelbeispiele. Andere Bedingungen können weitergehende Maßnahmen erfordern.

Bei der betrieblichen Umsetzung ist das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

**9.1 Metallschutzgasschweißen****9.1.1 Ausgangssituation**

An einem Konstruktionsteil aus unlegiertem Stahl muss an mehreren Stellen geschweißt werden. Der Schweiß-/Arbeitsbereich beträgt ca. 1 m x 2 m.

- MAG Schweißverfahren,
- Ø 1,2 mm Massivdraht,
- 140 A Stromstärke,
- ca. 6 mg/s Schweißrauchemission.

## BGI 5121

### Abbildung 13:

Durch den viel zu großen Abstand zwischen Schweißstelle und Erfassungseinrichtung ist die Wirkung eher zufällig, zumal das Erfassungselement als Trichter nicht optimal gestaltet ist.



### 9.1.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Die freigesetzten Schweißbrauche müssen direkt erfasst und fortgeleitet werden. Auf Grund der wechselnden Schweißstellen im Arbeitsbereich 1 m x 2 m sollte ein zwangsläufig wirkendes Verfahren eingesetzt werden, bei dem die Erfassungseinrichtung nicht ständig nachgeführt werden muss.

In Verbindung mit einer Hochvakuum-/Mittelvakuumtechnik kann eine brennerintegrierte bzw. brenneraufgesetzte Absaugung oder eine Schutzschildabsaugung eingesetzt werden.

Beide Verfahren erfassen die Schadstoffe direkt am Ort der Freisetzung und erfordern einen relativ geringen Luftvolumenstrom (ca. 40 bis 300 m<sup>3</sup>/h).



**Abbildung 14:** Brennerintegrierte Absaugung



**Abbildung 15:** Brenneraufgesetzte Absaugung

## BGI 5121



**Abbildungen 16 und 17:** Schutzschild mit integrierter Absaugung

**9.1.3 Getroffene Maßnahme**

Nach Erprobung durch mehrere Schweißer wurde entschieden, die Schutzschildabsaugung einzusetzen.

Die Erfassung der Schweißbrauche erfolgt nach dem Prinzip der Drallhaube/Wirbelhaube und gewährleistet bei bestimmungsgemäßer Verwendung einen hohen Erfassungsgrad (> 90%).

Der Erfassungsgrad der Schadstoffe ist abhängig von der Position des Schutzschildes zur Schweißstelle. Die Wirksamkeit der Maßnahmen wird vom Schweißer wesentlich beeinflusst. Deshalb wurden diese besonders in der Handhabung der Schutzschildabsaugung unterwiesen.



**Abbildung 18:** Wirkungsvolle Erfassung beim Schweißen mit einem Schutzschild mit integrierter Absaugung

**Technische Daten:**

Volumenstrom	300 m <sup>3</sup> /h
Schlauchdurchmesser	63 mm
Schlauchlänge	15 m

# BGI 5121

## 9.2 Brennschneid Tisch-Absaugung

### 9.2.1 Ausgangssituation

In einem Blechlager sollte die vorhandene Brennschneidmaschine modernisiert werden. Bei dieser Modernisierung sollten die Emissionen der beim Brennvorgang entstehenden Schadstoffe (Brennrauche) so weit reduziert werden, dass die Gesundheit der Mitarbeiter nicht gefährdet wird.

Die bestehende Brennschneidemaschine besitzt einen feststehenden Tisch mit den Abmessungen 6 x 2 m. Das Brennportal ist mit fünf Brennern ausgerüstet.

### 9.2.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Da beim Brennschneidvorgang die entstehenden Schadstoffe überwiegend nach unten, d.h. in den Brenntisch hinein, gerichtet sind, werden sie unterhalb der Werkstückauflage erfasst und ins Freie fortgeleitet. Aus Gründen des Umweltschutzes wird die abgesaugte, Schadstoff beladene Luft vor dem Fortleiten ins Freie gefiltert (Einhaltung der Grenzwerte nach TA-Luft).

Die Schadstoffanteile, die oberhalb des Werkstückes entstehen und in die Halle gelangen, z.B. beim Einstechen eines neuen Schnittes, Rückprall während des Brennschneidvorganges oder dergleichen, werden über eine nach der Modernisierungsmaßnahme noch zu konzipierende Raumlüftung beseitigt.

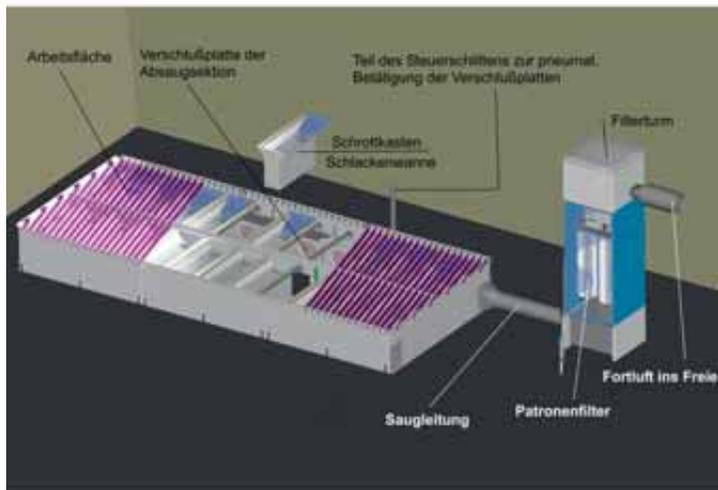
Planung und lufttechnische Berechnung muss durch ein Fachunternehmen erfolgen, Umbau bzw. Montage können eigene Mitarbeiter vornehmen. Nachweis der Wirksamkeit zur Einhaltung des Schweißrauch-Grenzwertes in der Luft am Arbeitsplatz erfolgt durch eine Messung.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist eine Absaugung unter dem Tisch über die gesamte Tischfläche nicht erwünscht. Zusätzlich ist daher die Brennerbewegung und die eventuelle Werkstückgröße (Tisch ganz oder nur teilweise bedeckt) zu berücksichtigen.

### 9.2.3 Getroffene Maßnahmen

Es wurde ein Brennschneidisch mit Sektionsabsaugung realisiert, der in zwölf Modulkammern mit 0,5 m Breite aufgeteilt ist. Einseitig an deren Ende ist der Absaugkanal angeordnet. Über pneumatisch, durch das Brennerportal gesteuerte Klappen in den Modulkammern erfolgt die Absaugung jeweils nur an der Stelle, an der gerade gebrannt wird. Die Länge der Modulkammern entspricht der Brenntischbreite.

Dabei ist zu beachten, dass der Luftvolumenstrom des Ventilators in der Lage sein muss, zwei Modulkammern gleichzeitig abzusaugen, um die Brennerbewegung über die Tischfläche zu berücksichtigen (siehe Abbildung 19).



**Abbildung 19:** Systemanordnung eines Brennschneidisches

Eingesetzt wird ein Ventilator mit einem Luftvolumenstrom von  $4000 \text{ m}^3/\text{h}$  und einem Unterdruck von  $4000 \text{ Pa}$ . Mit diesem Ventilator können die Modulkammern noch einseitig abgesaugt werden.

Bei großen Tischbreiten ( $> 2 \text{ m}$ ) ist eine beidseitige Absaugung der Modulkammern zu empfehlen.

Da ausschließlich Schwarzblech autogen gebrannt wird, ist eine Filterflächenbelastung von  $40 \text{ m}^3/\text{h m}^2$  als ausreichend zu betrachten. Demnach ergibt sich eine erforderliche Filterfläche von  $100 \text{ m}^2$ .

## BGI 5121



**Abbildung 20:** Luftkanal mit Klappensteuerung

### 9.3 Absauganlage in einer Schweißerei

#### 9.3.1 Ausgangssituation

In einer Schweißwerkstatt werden an ortsfesten Arbeitsplätzen sperrige Stahlkonstruktionen zur Herstellung von Schaltschränken geschweißt. Die Schweißverfahren sind Lichtbogenhandschweißen

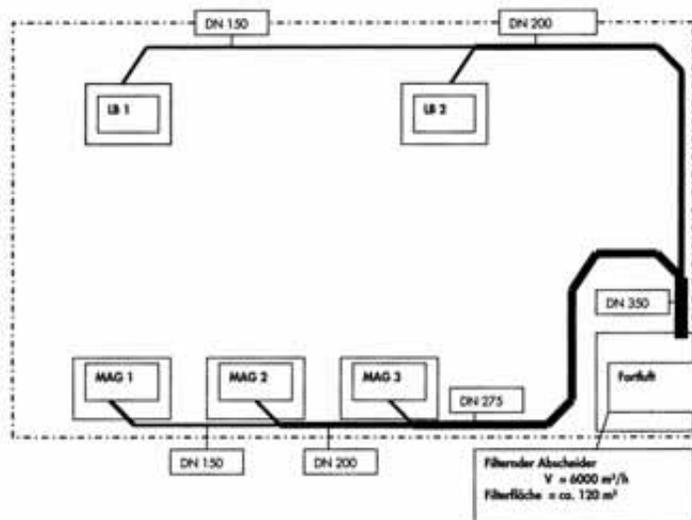
(LB) und Metall-Aktivgasschweißen (MAG). Zur Schweißrauch-  
fassung werden bewegliche Oberhauben (Absaugtrichter mit  
Flansch, Düsenplatten) eingesetzt.

**Technische Daten:**

Hallenmaße:  $L = 18 \text{ m}$ ;  $B = 10 \text{ m}$ ;  $A = 180 \text{ m}^2$ ;  $H = 4,25 \text{ m}$ ;  
 $V = 765 \text{ m}^3$

Anzahl der Arbeitsplätze: Zwei Arbeitsplätze Lichtbogenhand-  
schweißen (LB)

Drei Arbeitsplätze Metall-Aktivgasschweißen (MAG)



**Abbildung 21:** Werkstatt mit fünf Schweißarbeitsplätzen

### 9.3.2 Lufttechnische Maßnahmen

Damit während der Schweißarbeiten die Staubgrenzwerte eingehalten werden, ist in der Werkstatt eine zentrale Absauganlage errichtet worden. Die Reinluft wird als Fortluft nach außen abgeführt.

Der Absaugvolumenstrom beträgt pro Absaugelement  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ . Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit in den Rohrleitungen liegt gemäß BG-Regel „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ (BGR 121) zwischen  $15 \text{ m/s}$  und  $20 \text{ m/s}$ . Die Rohrleitungen

## BGI 5121

sind innen glatt und aus geschweißtem Stahl. Jeder Absauganschluss ist mit einem Absperrschieber ausgerüstet, der nur während Schweißarbeiten automatisch geöffnet ist.

### Ermittlung der Rohrdurchmesser für die Absauganlage

Arbeitsplatz		Luftvolumenstrom m³/h		Rohrdurch- messer mm	Luftgeschwin- digkeit im Rohr m/s
LB 1		1200		160	16,6
LB 2		1200		160	16,6
	LB 1 + LB 2		2400	224	16,9
MAG 1		1200		160	16,6
MAG 2		1200		160	16,6
	MAG 1 + 2		2400	224	16,9
MAG 3		1200		160	16,6
	MAG 1+2+3		3600	280	16,2
Summe LB + MAG		6000		355	16,8

\* empfohlene Luftgeschwindigkeit gemäß BGR 121 15 m/s bis 20 m/s

Bei der Auslegung von Absauganlagen muss ein Ventilator gewählt werden, dessen Leistungsmerkmale für den Einsatzzweck geeignet sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der erforderliche Absaugvolumenstrom an jedem Erfassungselement auch dann sichergestellt ist, wenn die Filterelemente mit Luftverunreinigungen belastet sind (Betriebspunkt 2). Die Abbildung 22 zeigt die Ventilator Kennlinie mit **Betriebspunkt 1** (Filter unbelastet) und **Betriebspunkt 2** (Filter belastet).

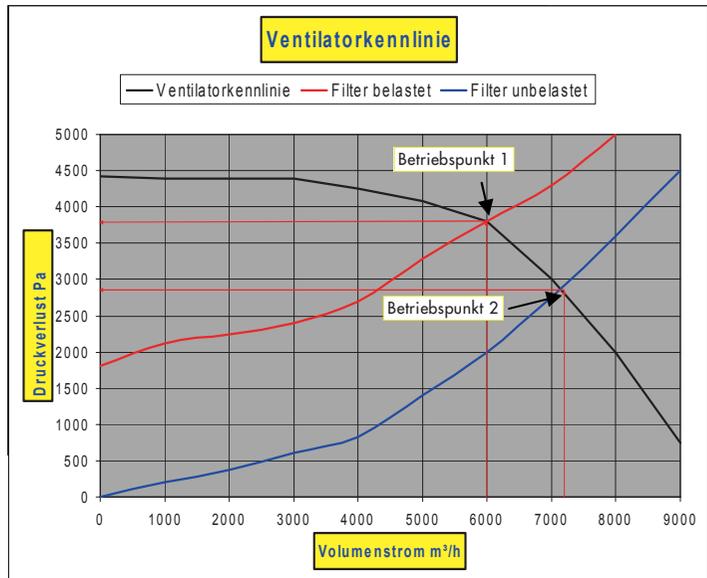


Abbildung 22: Ventilatorcharakteristiklinie

Der anfängliche **Betriebspunkt 1** (Filter unbelastet) liegt bei 2875 Pa und 7150 m³/h. Nach einer bestimmten Betriebsdauer stellt sich der **Betriebspunkt 2** (Filter belastet) ein, der Absaugvolumenstrom sinkt auf 6000 m³/h, der Druckverlust steigt auf 3800 Pa (siehe Abbildung 22 Ventilatorcharakteristiklinie). Um den Betriebspunkt 1 wiederherzustellen, müssen die Filter mit abgereinigt werden.

### 9.3.3 Getroffene Maßnahmen

Die Absauganlage ist so ausgelegt, dass alle fünf Schweißarbeitsplätze gleichzeitig abgesaugt werden können. Sind weniger Arbeitsplätze belegt, wird der Absaugvolumenstrom automatisch durch eine Drehzahlregulierung reduziert.

## BGI 5121

### Technische Daten der Absauganlage:

Absaugung:	6000 m <sup>3</sup> /h;
Filter:	Patronenfilter;
Filterfläche:	120 m <sup>2</sup>
Filterreinigung:	Druckluft
Staubsammelbehälter:	Stahl 25 l

Eine Zuluftanlage ist nicht errichtet worden. Das Luftdefizit durch die Absauganlage wird durch natürliche Lüftung ausgeglichen. Um eine gezielte und dauerhaft ausreichende Raumdurchspülung zu erreichen, wird die Errichtung einer Zuluftanlage empfohlen.

### 9.4 Spanabhebende Metallbearbeitung (Kühlschmierstoffe)

#### 9.4.1 Ausgangssituation

In einer Fertigungshalle werden 22 Drehautomaten betrieben. Dabei werden nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe (KSS) eingesetzt. Messungen hatten ergeben, dass die KSS-Konzentration mit ca. 25 mg/m<sup>3</sup> über dem bis Ende 2004 geltenden Luftgrenzwert für KSS von 10 mg/m<sup>3</sup> lagen. Die Fertigungshalle wurde durch Fenster und Türen natürlich belüftet.

#### Technische Daten:

Hallenmaße: L = 24,5 m; B = 10 m; H = 3,5 m;  
A = 245 m<sup>2</sup>; V = 858 m<sup>3</sup>

Anzahl der Maschinen: 14 Revolverdrehautomaten  
5 Langdrehautomaten  
3 Ringdrehautomaten



**Abbildung 23:** Automattendreherei **ohne** lufttechnische Einrichtungen

#### 9.4.2 **Kriterien für lufttechnische Maßnahmen**

Durch die freie (natürliche) Lüftung in der Halle entsteht eine unkontrollierte Luftströmung, mit der die KSS-Emissionen nicht gezielt beseitigt werden. Der KSS verteilt sich in der Halle. Die Folge daraus ist, dass der bis Ende 2004 geltende Luftgrenzwert für KSS überschritten wird. Dies führt dazu, dass die Maschinen und der Fußboden verunreinigt werden und unter anderem die Rutschgefahr erhöht werden kann. Hinzu kommt, dass mit der natürlichen Lüftung keine gleich bleibende Luftversorgung gesichert ist. Das bedeutet im Sommer, wenn die Fenster geöffnet werden, sind die KSS-Konzentrationen geringer als im Winter bei geschlossenen Fenstern.

#### 9.4.3 **Getroffene Maßnahmen**

Zur Reduzierung der KSS-Konzentration wurden folgende lufttechnische Maßnahmen durchgeführt:

## BGI 5121

- Absaugung der Drehautomaten durch eine zentrale Absauganlage mit Fortluft nach außen und Wärmerückgewinnung an die Zuluft.
- Zuluft durch eine raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage). Die Luftführung ist als Schichtenströmung, mit Zuluft im Bodenbereich durch vier zylindrische Quellluftdurchlässe, ausgeführt.



**Abbildung 24:** Automatendreherei mit lufttechnischen Einrichtungen

### Technische Daten der Absaug- und Zuluftanlage:

Absaugung:

$V = 7700 \text{ m}^3/\text{h}$ ; Abluft pro Drehautomat:  $V = 350 \text{ m}^3/\text{h}$

Zuluft:

$V = 7000 \text{ m}^3/\text{h}$ ; Zuluft pro  $\text{m}^2$  Fläche  $V = 28,6 \text{ m}^3/\text{h m}^2$

Anzahl der Zuluftdurchlässe: 4

- Die Abluft- und Zuluftvolumenströme werden entsprechend der Anzahl der aktuell betriebenen Drehautomaten automatisch geregelt.

- Zwischen der Abluft und der Zuluft ist ein Wärmerückgewinnungssystem eingebaut, um den Wärmeverlust durch den Fortluftbetrieb gering zu halten.

Eine Kontrollmessung nach der Installation der zuvor beschriebenen Maßnahmen ergab KSS-Konzentrationen unter  $2 \text{ mg/m}^3$ .

Die lufttechnischen Einrichtungen entsprechen den Anforderungen der BG/BGIA-Empfehlungen „KSS am Arbeitsplatz“.

Die Messergebnisse zeigen, dass der ehemalige Grenzwert unterschritten wird. Durch die Umsetzung der BGIA-Empfehlungen sind die Voraussetzungen für den Ausstieg aus dem Kontrollmessplan gemäß der TRGS 402 (11.1997) erfüllt.

#### 9.4.4 Weitergehende Informationen

Siehe BGIA-Report 4/2004.

Um diese Betriebssituation dauerhaft sicherzustellen, ist eine gewissenhafte Instandhaltung der lufttechnischen Einrichtungen eine grundlegende Voraussetzung.

### 9.5 Spritz- und Pulverlackieren

#### 9.5.1 Ausgangssituation

Beim Spritzlackieren entstehen feine Tröpfchen, so genannte Lack-aerosole, die in den Atembereich des Lackierers gelangen können. Das Einatmen führt zu einer erheblichen Gesundheitsgefährdung, da die verwendeten Lacke in der Regel Gefahrstoffe enthalten. Auch beim Pulverlackieren werden Atemwege und Lunge durch die entstehenden Pulverwolken belastet. Weiterhin ist die Haut gefährdet, wenn sich Tröpfchen oder Pulver dort niederschlagen. Es kann dann z.B. zu allergischen Hautreaktionen kommen.

Je nach Zusammensetzung des Lackes ist darüber hinaus mit Brand- und Explosionsgefährdungen zu rechnen. Bei Flüssiglacken entsteht ein explosionsfähiges Gemisch durch Verdunstung des im Lack enthaltenen Lösemittels, bei Pulverlacken durch entsprechende Konzentration des brennbaren Pulvers in Luft.

## BGI 5121

Auf Grund der genannten Gefährdungen sind Spritzlackierarbeiten grundsätzlich nur in gesonderten Räumen oder Bereichen und bei Einsatz von technischen Lüftungsmaßnahmen erlaubt.

### 9.5.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Aufgabe der technischen Lüftung ist es, den Anteil des Lackaerosols oder Beschichtungspulvers, der sich nicht auf dem Werkstück niederschlägt, möglichst vollständig zu erfassen und aus dem Arbeitsbereich abzuführen.

Dabei müssen die getroffenen lufttechnischen Maßnahmen den folgenden Kriterien genügen:

- ausreichender Gesundheitsschutz, also die Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW),
- wirksamer Explosionsschutz, also die sichere Unterschreitung der unteren Explosionsgrenze (UEG).

In Hinblick auf den Explosionsschutz hat der Betreiber zwei Möglichkeiten, die Gefährdungen zu bewerten und die entsprechenden Maßnahmen abzuleiten:

- Festlegung nach der Höhe des Flammpunktes.
- Festlegung der explosionsgefährdeten Bereiche und Einteilung in Zonen nach dem Konzentrationskriterium. Neuere, in Übereinstimmung mit den europäischen Normen gebaute Lackieranlagen für das Handbeschichten dürfen nach diesem Kriterium im Lackierbereich eine Lösemittelkonzentration von 25 % der UEG (entspricht Ex-Zone 2 bzw. Zone 22) nicht überschreiten.

In Hinblick auf die Gesundheitsgefährdung des Lackierers nimmt das Lackaerosol eine Sonderstellung ein. Grenzwerte sind lediglich für einzelne Komponenten des Lackes festgelegt, z.B. für Lösemittel. Für Lacke existieren wegen der Vielfalt an Rezepturen keine Grenzwerte.

Der abgesaugte Lacknebel flüssiger Beschichtungsstoffe wird über Nassabscheider oder Filter abgeschieden und muss entsorgt werden. Beim Pulverbeschichten kann der so genannte Overspray wieder verwendet werden, da während der Applikation in der Regel noch keine Vernetzung erfolgt.

In der Praxis haben sich im Wesentlichen auf Grund der großen Bandbreite unterschiedlicher Beschichtungsaufgaben drei Bauformen als besonders praktikabel erwiesen:

- Spritzkabinen,
- Spritzstände,
- Spritzwände.

### 9.5.3 Getroffene Maßnahmen

Bei dem nachfolgenden Praxisbeispiel Stuhlackierung zeigen Gefährstoffmessungen, dass mit dem Spritzstand die höchste Wirksamkeit der drei genannten Erfassungsarten erzielt wird.

Optimale Arbeitsbedingungen werden wie folgt erreicht:

- Der Spritzstand ist an allen Seiten geschlossen mit Ausnahme der Ein- und Auslassöffnungen für die Werkstücke und der Abluftleitungen an den Seitenwänden.
- Die Luftgeschwindigkeit der technischen Lüftung beträgt im Mittelwert 0,5 m/s, an keiner Stelle jedoch unter 0,4 m/s.
- Das Werkstück ragt nicht über den Spritzstand hinaus.
- Die offene Zugangsseite dient als Einlassöffnung für die Zuluft und als Zugang für den Lackierer.
- Der Lackierer steht während der Tätigkeit hinter oder seitlich vom Werkstück.
- Der Spritzstrahl wird in Richtung zur Absaugwand aufgetragen mit einer Abweichung von nicht mehr als 30° zur Mittelachse.
- Benutzung der bereitgestellten persönlichen Schutzausrüstungen (Augenschutz, Körperschutz).

## BGI 5121

Sind diese Bedingungen vollständig eingehalten, werden in der Regel sowohl die Kriterien des Gesundheitsschutzes als auch des Explosionsschutzes erfüllt.



**Abbildung 25:** Spritzstand

### 9.5.4 Weitergehende Informationen

Unfallverhütungsvorschrift „Verarbeiten von Beschichtungsstoffen“ (BGV D25),

„Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104),

BG-Regel „Schutzmaßnahmenkonzept für Spritzlackierarbeiten – Lackaerosole“ (BGR 231),

BG-Information „Lackierräume und -einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe – Bauliche Einrichtungen, Brand- und Explosionsschutz, Betrieb“ (BGI 740),

- BG-Information „Lackierer“ (BGI 557),  
BG-Information „Elektrostatisches Beschichten“ (BGI 764),  
DIN EN 12 215 „Beschichtungsanlagen; Spritzkabinen für flüssige organische Beschichtungsstoffe – Sicherheitsanforderungen“,  
DIN EN 12 981 „Beschichtungsanlagen; Spritzkabinen für organische Pulverlacke; Sicherheitsanforderungen“,  
VDMA 24 381 „Anforderungen an Spritzkabinen und kombinierte Spritz- und Trocknungskabinen“.

### 9.6 Tisch- und Formatkreissägen zur Holzbearbeitung

#### 9.6.1 Ausgangssituation

Seit Bekanntwerden gesundheitsschädlicher Wirkungen von Holzstaub und der daraus folgenden Festlegung eines TRK-Wertes im Jahre 1987 ( $2 \text{ mg/m}^3$  einatembarer Staubanteil = E-Staub) haben sich die Anforderungen an die Erfassung von Holzstaub grundlegend gewandelt. Vor dieser Zeit erfolgte die Maschinenabsaugung durchweg im unteren bodennahen Bereich zur Entsorgung anfallender Späne. Dagegen ist heute zur Einhaltung des Luftgrenzwertes die möglichst vollständige Erfassung des luftgetragenen einatembaren Staubanteils gefordert.

Im Rahmen eines Projektes zur Umsetzung der TRGS 553 „Holzstaub“ wurden von der Holz-BG Messungen an 72 Tisch- und Formatkreissägen ohne bzw. mit unzureichender Absaugung durchgeführt. Dabei lagen über die Hälfte der Messwerte über dem ehemaligen Grenzwert von  $2 \text{ mg/m}^3$  (Mittlere E-Staubkonzentration von  $2,30 \text{ mg/m}^3$ ) und ca. 5% der Messwerte lagen über  $5 \text{ mg/m}^3$ .

#### 9.6.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Bei der maschinellen Bearbeitung von Holzwerkstoffen werden die Partikel mit hoher Eigengeschwindigkeit freigesetzt. Daraus ergibt sich als Grundforderung die Absaugung direkt an der Entstehungsstelle mit vorzugsweise geschlossenen Erfassungseinrichtungen (Werkzeug soweit wie möglich umschließen) sowie die Anordnung

## BGI 5121

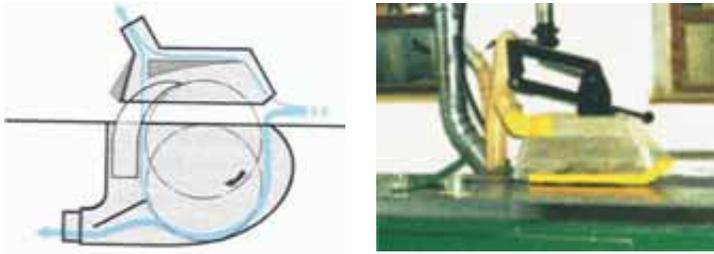
der Absaugrichtung in Richtung des Partikelfluges bzw. bei rotierendem Werkzeug die Umleitung der Zirkulationsströmung in die Absaugrichtung durch Einbau von Leitblechen oder Ähnlichem.

Die Volumenstromberechnung erfolgt nach dem Geschwindigkeitsverfahren, wobei die Erfassungsgeschwindigkeit mindestens der Partikelgeschwindigkeit in den Offenflächen der Erfassungseinrichtung entsprechen muss. Bei der Tischkreissäge kann aus der Umfangsgeschwindigkeit des Sägeblattes und Fläche des Sägespaltes der erforderliche Mindestvolumenstrom für die untere Tischabsaugung errechnet werden. Weil anhaftende Partikel mit dem Sägeblatt nach oben gerissen und dort freigesetzt werden können, ist eine abgesaugte und möglichst selbsttätig absenkende Oberhaube zusätzlich erforderlich.

### 9.6.3 **Getroffene Maßnahmen**

Zur Expositionsminde rung wurden Tisch- und Formatkreissägen mit einer unteren das Sägeblatt weitmöglichst umschließenden Kap selung mit einem hinteren Absaugstutzen versehen. Um das Mitreißen der Partikel nach oben durch den Sägespalt zu mindern, ist ein Abweisblech integriert (siehe Abbildung 26). Je nach Größe des Sägeblattes sind Rohrdurchmesser von mindestens DN 120 bei Tischkreissägen und mindestens DN 140 bei Formatkreissägen erforderlich, entsprechend einer Absaugluftmenge von mindestens 800 bzw. 1100 m<sup>3</sup>/h bei 20 m/s Luftgeschwindigkeit im Anschlussstutzen. Zusätzlich wurde eine abgesaugte Oberhaube nachgerüstet, die je nach Größe mit einem Rohrdurchmesser zwischen DN 63 und DN 80 (entsprechend ca. 200 bis 400 m<sup>3</sup>/h) versehen ist.

Im Rahmen des Projekts zur Umsetzung der TRGS 553 (03.1999) wurden von der Holz-Berufsgenossenschaft Messungen an 35 optimierten Tischkreissägen durchgeführt. Dabei wurde eine mittlere E-Staubkonzentration von 0,74 mg/m<sup>3</sup> ermittelt. Nur 5 % der Messwerte lagen über 1,71 mg/m<sup>3</sup>. Die mittlere Staubminderung bezogen auf den Ausgangswert betrug ca. 66 %. Der ehemalige Grenzwert 2 mg/m<sup>3</sup> ist in dieser Ausführung somit problemlos einzuhalten.



**Abbildung 26:** Optimierte Stauberfassung an einer Tischkreissäge

#### 9.6.4 Weiterführende Hinweise

Für stationäre Holzbearbeitungsmaschinen wie Tisch- und Formatkreissägen, Bandsägen, Fräs-, Hobel- und Bandschleifmaschinen wurde bereits 1989 das Prüfzeichen „GS-staubgeprüft“ eingeführt. Dabei obliegt die Auslegung von Erfassungseinrichtung und Volumenstrom dem Maschinenhersteller, der einen Absauganschluss mit definiertem Durchmesser liefert. Der Hersteller garantiert damit nach Typprüfung der Maschine oder einer Nachrüst-Erfassungseinrichtung durch zertifizierte Prüfstellen, z.B. der Holz-Berufsgenossenschaft, die Einhaltung des Standes der Technik mit  $2 \text{ mg/m}^3$ , wenn die bauseitige Absauganlage eine Mindestgeschwindigkeit von  $20 \text{ m/s}$  in diesem Absauganschluss erzeugt.

Hinweise zur Auslegung von Erfassungseinrichtungen und Vorschläge für die Nachrüstung der einzelnen Maschinentypen können den folgenden Schriften entnommen werden:

BG-Information „Holzstaub – Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz beim Erfassen, Absaugen und Lagern“ (BGI 739),  
„Holzstaub“ – Projektbericht zur Umsetzung der TRGS 553 „Holzstaub“.

### 9.7 Be- und Entlüftung von gewerblichen Küchen

#### 9.7.1 Ausgangssituation

Durch Koch-, Brat-, Grill- und Frittierprozesse in Küchen werden Wärme, Feuchtigkeit und Stoffe freigesetzt. Wärme und Feuchtigkeit

## BGI 5121

keit können zu einer klimatischen Belastung des Küchenpersonales führen. Was die stoffliche Belastung betrifft, haben umfangreiche Untersuchungen gezeigt, dass unter den mehr als 200 nachgewiesenen chemischen Verbindungen auch solche mit gesundheitsschädigendem Potenzial sind. Werden Küchen unzureichend be- und entlüftet, so können an den Arbeitsplätzen sowohl erhöhte klimatische als auch stoffliche Belastungen auftreten. Erkrankungen der Beschäftigten sind dann möglich.

### 9.7.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Aufgabe einer Küchenbe- und -entlüftungsanlage ist es, die entstehenden Wärme-, Feuchte- und Stofflasten möglichst vollständig zu erfassen und abzuführen sowie die abgeführte Luftmenge durch frische Zuluft zu ersetzen (Umluftbetrieb ist in Küchen nicht erlaubt). Damit sind grundsätzlich sowohl eine Be- als auch eine Entlüftungsanlage erforderlich.

Über den heißen Küchengeräten, z.B. Herde, Grillplatten, Kochkessel, entstehen zur Decke gerichtete Thermikströmungen. Mit dieser Thermikströmung werden die bei den Koch-, Brat-, Grill- und Frittierprozessen entstehenden Wärme-, Feuchte- und Stofflasten ebenfalls zur Decke transportiert. Es reicht also aus, über im Deckenbereich positionierte Erfassungseinrichtungen diese Lasten zu sammeln und abzuführen. Die Küchenentlüftung erfolgt über so genannte Küchenlüftungshauben bzw. Küchenlüftungsdecken. Küchenlüftungsdecken dienen der großflächigen Erfassung der entstehenden Wärme-, Feuchte- und Stofflasten. Diese sitzen höher als Hauben, meist in Höhen ab 2,5 m über Fußboden.

Durch die Küchenbelüftungsanlage soll die notwendige Zuluft so eingebracht werden, dass weder die Erfassung gestört wird noch Zugerscheinungen an den Arbeitsplätzen auftreten.

### 9.7.3 Getroffene Maßnahmen

Entstehen Thermikströmungen, so bietet sich die Schichtenströmung zur wirksamen Wärme-, Feuchte- und Stofflastabfuhr an. Dabei wird im Idealfall die Zuluft bodennah, induktionsarm und zugfrei in die Küche eingebracht. Zugerscheinungen im Fußbereich sind zu

## BGI 5121

vermeiden. Aus diesem Grunde sollte die Ausströmgeschwindigkeit am Luftdurchlass bei flächenförmiger Bauart unter 0,20 m/s liegen, bei zylinderförmiger Bauart unter 0,40 m/s. Die Zulufttemperatur sollte mindestens 20 °C betragen.

Es bildet sich im Arbeitsbereich eine Frischluftzone aus, mit der Folge einer nur geringen thermischen und stofflichen Belastung. Der Zuluftvolumenstrom ist so zu dimensionieren, dass die Höhe  $H$  dieser Frischluftschicht sicher über Kopf der Beschäftigten reicht. Bei Küchenlüftungsdecken erfolgt die Berechnung bis zu einer Höhe  $H = 2,5$  m (siehe Abbildung 27).

Die Berechnung des Thermikluftvolumenstromes und darauf aufbauend des notwendigen Ab- bzw. Zuluftvolumenstromes erfolgt nach VDI 2052 „Raumluftechnische Anlagen für Küchen“.



**Abbildung 27:**

- Schichtenströmung mit Erfassung über Küchenlüftungsdecke
- Bodennahe Zuluft-einbringung
- Nahezu unbelasteter Arbeitsbereich (Höhe  $H$ )

Auf Grund der besonderen Hygieneanforderungen in Küchen müssen bodennahe positionierte Luftdurchlässe besonderen Hygieneansprüchen genügen (siehe DIN 18 869-3 „Großküchengeräte; Einrichtungen zur Be- und Entlüftung von gewerbsmäßigen Küchen; Teil 3: Luftdurchlässe“).

## BGI 5121



**Abbildung 28:** Bodennah positionierte Flächenluftdurchlässe aus Edelstahl, beginnend 0,2 m über Fußboden (Spritz- bzw. Reinigungsrand)

### 9.7.4 Weitergehende Informationen

VDI 2052	Raumlufotechnische Anlagen für Küchen
VDI 2052 Blatt 1	Raumlufotechnische Anlagen für Küchen Bestimmung der Rückhalteeffizienz von Aerosolabscheidern in Abluftanlagen für Küchen
DIN 18869	Großküchengeräte; Einrichtungen zur Be- und Entlüftung von gewerbsmäßigen Küchen; Teil 1: Küchenlüftungshauben, Teil 2: Küchenlüftungsdecken, Teil 3: Luftdurchlässe, Teil 4: Luftleitungen.
ASI 8.19/04	Arbeitssicherheits-Information „Be- und Entlüftung von gewerblichen Küchen“ (Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten)

## 9.8 Arbeiten im Steinbruch

### 9.8.1 Ausgangssituation

Bei der Gewinnung von Rohblöcken in Steinbrüchen und bei der weiteren Bearbeitung werden handgeführte Druckluft- und Elektrowerkzeuge eingesetzt. Die Arbeiten werden im Freien, in Steinhauerrhütten und Werkhallen ausgeführt. Bei der Bearbeitung entstehen Feinstäube, welche über die Atemwege die Lunge erreichen.



**Abbildung 29:**  
Erhebliche Staubbelastung  
bei Arbeiten ohne  
Absaugung

Eine besondere Gefahr stellt der alveolengängige Quarzstaub dar, welcher zu Silikose und Siliko-Tuberkulose führen kann. In Einzelfällen kann daraus Krebs entstehen. Der Grenzwert kann in der Trockenbearbeitung nur mit gut gewarteten Entstaubungsanlagen eingehalten werden. Ohne Entstaubung werden Grenzwerte um ein Vielfaches überschritten.

Der freigesetzte Staub ist möglichst vollständig an der Entstehungsstelle zu erfassen. Er wird über flexible Schläuche und Rohrleitungen der Filteranlage zugeführt.

# BGI 5121

## 9.8.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Eine wirksame Stauberfassung ist nur möglich, wenn der Staub an der Entstehungsstelle, d. h. am Meißel, Winkelschleifer oder Bohrer erfasst wird. In Sonderfällen gelingt das gut mit Absaugung durch einen Hohlbohrer.

## 9.8.3 Getroffene Maßnahmen

Zur Stauberfassung werden eingesetzt:

- Gummitüllen, die das Meißelwerkzeug umschließen. Sie müssen so dicht wie möglich an das Werkstück heranreichen.
- Absaugtopf mit Gummibalg. Dieser umfasst Bohrwerkzeug und Bearbeitungsstelle vollständig und liegt auf der Gesteinsoberfläche auf.



**Abbildung 30:**  
Staubabsaugung direkt am  
Druckluftwerkzeug



**Abbildung 31:**  
Absaugtopf mit Gummibalg  
um den Bohrmeißel

- Eine optimale Stauberfassung ist nur dann gewährleistet, wenn die Stauberfassungseinrichtung am Drucklufthammer befestigt ist und somit zwangsläufig mitgeführt wird. Absaugtrichter sind wegen Querströmungen im Freien nicht einsetzbar. Erfassungsprobleme treten bei unterschiedlichen Meißellängen auf. In Steinbrüchen sind die Absaugschläuche teilweise länger als 10 m. Dadurch lässt die Absaugleistung nach.
- Messergebnisse

In der Branche „Naturwerkstein“ wurden von 1997 bis 2002 Staubkonzentrationen am Arbeitsplatz gemessen.

Bezogen auf die bis 2004 geltenden Luftgrenzwerte

- unterschritten 65 % der Messwerte den Grenzwert für aveolengängigen Quarzfeinstaub ( $0,15 \text{ mg/m}^3$ ),
- unterschritten 90 % der Messwerte den allgemeinen Staubgrenzwert für aveolengängigen Staub ( $6 \text{ mg/m}^3$ ),
- unterschritten mehr als 80 % der Messwerte den allgemeinen Staubgrenzwert für einatembaren Staub ( $10 \text{ mg/m}^3$ ).

## BGI 5121

- Technische Daten der Lüftungsmaßnahme

Im Steinbruch und in der Weiterverarbeitung werden druckluftbetriebene oder elektrisch betriebene Entstaubungsgeräte eingesetzt. Üblich sind Anlagen mit 120 m<sup>3</sup>/h Volumenstrom pro Absaugstelle, was einer Strömungsgeschwindigkeit von 26 m/s in einem Absaugschlauch mit Ø 4 cm entspricht.

Nur beim Einsatz einer automatischen Filterabreinigung sowie regelmäßiger Wartung und Instandhaltung ist die Wirksamkeit der Entstaubung auf Dauer gewährleistet.

### 9.9 Trockene Bearbeitung mineralischer Werkstoffe mit handgeführten Maschinen

#### 9.9.1 Ausgangssituation

Insbesondere im Baubereich werden regelmäßig handgeführte Maschinen und Geräte verwendet, um mineralische Werkstoffe/Baustoffe zu bearbeiten, z.B.

- Trennschleifer (Winkelschleifer),
- Mauernufräsmaschinen,
- Betonschleif- und -fräsmaschinen  
oder
- Schwing- und Exzentrerschleifer.

Bei Verwendung der Geräte ohne wirksame Absaugung werden erfahrungsgemäß extrem hohe Staubkonzentrationen erzeugt und die geltenden Grenzwerte um mehr als das 50fache und mehr überschritten.

Zur Reduzierung der Staubemission müssen die Maschinen/Geräte gemäß Anhang III Nr. 2 der Gefahrstoffverordnung wirksam abgesaugt werden. Die Wirksamkeit der Absaugung ist vor der ersten Inbetriebnahme nachzuweisen.

Da am Markt verschiedene Maschinen und Geräte mit Stauberfassungseinrichtungen angeboten werden, jedoch dazu eine systematische staubtechnische Bewertung fehlt, wurde ein „Forschungsprojekt“ Untersuchungen zum Staubemissionsverhalten durchgeführt. Die Untersuchung der Maschinen/Geräte erfolgte unter Praxis-

bedingungen in einem speziellen Prüfraum nach genau definierten Prüfbedingungen.

### 9.9.2 **Kriterien für die staubtechnische Bewertung**

Untersucht wurden ausschließlich von Herstellern angebotene Gerätesysteme, die mit einer Stauberfassungseinrichtung am Arbeitsgerät ausgerüstet sind und mit einem Entstauber betrieben werden (Arbeitsgeräte mit Entstauber). Als Entstauber wurden Geräte der Staubklasse M oder höherwertig eingesetzt.

### 9.9.3 **Ergebnis**

Bei den staubtechnischen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die Wirksamkeit der Stauberfassung maßgeblich vom Erfassungselement und dem angeschlossenen Entstauber beeinflusst wird. Daneben ist die Menge des erzeugten Staubes von Bedeutung.

Erfassungselement: Je dichter die Bearbeitungsstelle vom Erfassungselement umschlossen wird, umso geringer ist die Staubemission.

Mobilentstauber: Nicht alle Mobilentstauber einer Staubklasse sind für die Erfassung von mineralischen Stäuben geeignet. So haben sich insbesondere zweistufige Mobilentstauber mit Papierfiltertüten als nachteilig erwiesen, da durch den Feinstaubanteil im erfassten Staub schon nach kurzer Zeit die Oberfläche der Filtertüte sehr dicht belegt und dadurch die Saugleistung des Entstaubers extrem reduziert wird. Zur Aufrechterhaltung der Saugleistung muss bei hohem Staubanfall alle 10 bis 20 Minuten die Filtertüte gewechselt werden, was für die Praxis nicht geeignet ist.

Sehr staubintensive Bearbeitungsgeräte sind erfahrungsgemäß Trennschleifer und Mauernutfräsmaschinen. Trotz des hohen Staubanfalls konnte bei einigen Geräten mit guter Kapselung und geeignetem Entstauber die Einhaltung der Grenzwerte nachgewiesen werden, während bei anderen sowohl hinsichtlich der einatembaren (E-Staub) und alveolengängigen Fraktion (A-Staub) als auch des bis Ende 2004 geltenden Grenzwertes für Quarzfeinstaub um mehr als 10fache Überschreitungen festgestellt worden sind.

## BGI 5121

Die Untersuchungen und Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen. Eine systematische Zusammenstellung der Ergebnisse und Umsetzung in einer für den Anwender verständlichen Form wird als Hilfestellung zur Auswahl staubarmer Bearbeitungsgeräte angeboten werden.



**Abbildung 32:** Diamant-Winkeltrennschleifer mit weitestgehend geschlossenem Stauberfassungselement



**Abbildung 33:**  
Mobilentstauber

**9.10 Trocken-Kernbohrungen in Kalksandstein****9.10.1 Ausgangssituation**

Bei Errichtung oder Umgestaltung von Gebäuden sind oft Bohrungen, z.B. für Lüfter, Rauchgasanschlüsse, Durchbrüche oder elektrische Schaltgeräte, erforderlich.

Das zu bohrende Material ist häufig Kalksandstein und verursacht erhebliche Staubmengen.

Bei Kernbohrungen mit  $\varnothing 74$  mm und  $\varnothing 112$  mm ergab sich, dass die Grenzwerte für die aveolengängige – wie auch die einatembare Staubfraktion (A- und E-Fraktion) – um mehr als das 10fache überschritten wurden.



**Abbildung 34:** Kernbohrung ohne Absaugung

**9.10.2 Kriterien für lüftungstechnische Maßnahmen**

Die freigesetzten Stäube müssen direkt erfasst und abgeschieden werden.

## BGI 5121

Ein neben dem Bohrgerät vorhandenes Absauggerät mit einer geeigneten Erfassungseinrichtung muss ständig nachgeführt und wiederholt positioniert werden, um eine wirksame Erfassung zu gewährleisten. Erfahrungsgemäß stört dies den Arbeitsfortgang und unterbleibt häufig.

Auf Grund der wechselnden Bohrstellen sollte deshalb ein zwangsläufig wirkendes Verfahren eingesetzt werden.

### 9.10.3 Getroffene Maßnahmen

Zum Einsatz kommen Bohrwerkzeuge mit integrierter Absaugung. Unter Einsatz eines Mobilentstaubers mit einem Volumenstrom von ca. 220 m<sup>3</sup>/h ergeben sich personenbezogene Messwerte, die den Grenzwert für die alveolengängige und die einatembare Fraktion deutlich unterschreiten.



**Abbildung 35:**  
Bohrereinheit mit  
Mobilentstauber



**Abbildung 36:**  
Bohrkroner mit  
Zentralbohrer

Die Bohrmaschine wird direkt an den Mobilentstauber angeschlossen. Bei Einschalten der Bohrmaschine wird der Entstauber automatisch eingeschaltet und hat eine Nachlaufzeit zur Bohrmaschine von ca. 15 s. Der Mobilentstauber hat eine automatische Rüttelabreinigung.

**Messwerte**

Absaugung		Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)	A-Fraktion	E-Fraktion
		ohne	personenbezogen	34,9 mg/m <sup>3</sup>
ortsbezogen	27,3 mg/m <sup>3</sup>		77,7 mg/m <sup>3</sup>	
mit	personenbezogen	0,97 mg/m <sup>3</sup>	3,59 mg/m <sup>3</sup>	
	ortsbezogen	0,8 mg/m <sup>3</sup>	2,18 mg/m <sup>3</sup>	

# BGI 5121

## 9.11 Handlaminieren von faserverstärkten Kunststoffen

### 9.11.1 Ausgangssituation

In einer Fertigungshalle werden glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK) und Glasfaserverstärkte Polyestermaterialien (GFP) überwiegend durch Handauflegeverfahren in Vakuumformen zu Sandwichteilen verarbeitet. Die Abmessungen der Vakuumformen betragen im Mittel 1350 mm x 2100 mm. Die Beschäftigten legen die Folien bzw. Matten in die Vakuumform. Nach dem Formvorgang werden die Oberflächen der Formen dreimal mit Polyesterharz gestrichen. Die fertigen Teile werden unter anderem als Dach-, Wand- und Türelemente für Trafostationen, Verkleidung von Alugerüsten und in der Wasserversorgung eingesetzt.

In der Produktionsphase entstehen drei Emissionsvorgänge:

- Auftragen der Polyesterdeckschicht auf die Folien der Unter- und Oberseite,
- Benetzen der Flächen mit Harz,
- Benetzen der Matten als Laminat.

In der Fertigungshalle ist zur Reduzierung der Styrol-Konzentrationen eine RLT-Anlage betrieben.

#### Technische Daten:

Hallenmaße: L = 60 m; B = 25 m; A = 1500 m<sup>2</sup>; H = 5 m;  
V = 7500 m<sup>3</sup>

Anzahl Vakuumformen: 28



**Abbildung 37:** Verarbeitung der GFK- und GFP-Materialien ohne Absaugung mit raumluftechnischer Anlage (RLT-Anlage)

### 9.11.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Durch die RLT-Anlage in Abbildung 37 ohne Absaugung und Erfassung an den Entstehungsstellen werden die Styrol-Emissionen nicht ausreichend beseitigt, außerdem entstehen in der Halle z. T. unkontrollierte Luftströmungen. Die Folge daraus ist, dass der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für Styrol von  $86 \text{ mg/m}^3$  im Arbeitsbereich überschritten wird.

Dies führt dazu, dass die Beschäftigten persönliche Schutzausrüstungen tragen müssen.

### 9.11.3 Getroffene Maßnahmen

Zur Reduzierung der Styrol-Konzentrationen wurde folgende lufttechnische Schutzmaßnahme durchgeführt:

Absaugung der Styrol-Emissionen durch eine zentrale Absauganlage mit Fortluft nach außen. Die Styrol-Dämpfe werden durch

## BGI 5121

zwei verfahrbare Hauben oberhalb der Vakuumformen erfasst. Für jeden Tisch wurde ein Absauganschluss installiert, an dem die Hauben angeschlossen werden.



**Abbildung 38:** Verarbeitung der GFK- und GFP-Materialien mit Absaugung und raumlufttechnischer Anlage (RLT-Anlage)

### Technische Daten der Absauganlage:

Absaugung:  $V = 7000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

Absaugung pro

Vakuumform:  $V = 1700 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

Filtermaterial: Braunkohle, 100 kg

Mit der Absauganlage und der Erfassung des Styrols durch die Hauben oberhalb der Vakuumformen wurden die Styrolkonzentrationen auf ein Drittel reduziert. Die Messergebnisse zeigen, dass der AGW eingehalten wird.

Um diese Betriebssituation dauerhaft sicherzustellen, ist eine gewissenhafte Wartung der lufttechnischen Einrichtungen eine grundlegende Voraussetzung. Hierzu wird unter anderem das Filtermaterial im Abscheider roh- und reinluftseitig mit einem Photoionisationsdetektor (PID) überwacht. Der PID wird regelmäßig kalibriert.

## 9.12 **Entstaubung von Baustoffmischanlagen**

### 9.12.1 **Ausgangssituation**

Es werden z.B. in der Baustoffindustrie oder in Bergwerken Mischanlagen betrieben, in denen staubförmig angelieferte Stoffe untereinander vermischt oder mit Wasser zu einem pumpfähigen Gemisch angerührt werden. Dabei wird das Schüttgut üblicherweise aus einem Silo in die unterhalb des Silos befindliche Mischanlage ausgetragen und dort gemischt.

Beim Eintrag des Schüttgutes vom Silo in die Mischanlage wird staubhaltige Verdrängungsluft freigesetzt. Zur Abführung dieser Verdrängungsluft wird häufig am Abluftstutzen des Mixers ein einfacher Filterbeutel, z.B. aus Baumwolle befestigt, der als „EntlüftungsfILTER“ dienen soll (siehe Abbildung 39). Diese verbreitete Technik hat im Betrieb weit reichende Nachteile.

#### **Probleme:**

- Der Überdruck im Mischbehälter steigt kontinuierlich an und führt zu Staubaustritt aus der Beobachtungsöffnung und aus Undichtigkeiten der Anlage.
- Es kommt zu Staubemissionen aus dem Filtermedium selbst, da es weder abgereinigt noch überwacht werden kann. Feinstaub wird durch das Filtermedium nicht zurückgehalten.
- Zusätzlich ist der Beschäftigte beim häufig erforderlichen Aus- und Einbau des Filterbeutels exponiert.

## BGI 5121



**Abbildung 39:**  
Anlage mit Filterbeutel

### Messergebnisse

In so entlüfteten Mischanlagen für Baustoffe wurden personenbezogene Konzentrationen von einatembarem Staub (E-Staub) bis zu  $40 \text{ mg/m}^3$  (Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) =  $10 \text{ mg/m}^3$ ) gemessen. Ferner wurden Überschreitungen der bis Ende 2004 geltenden Luftgrenzwerte für einzelne Gefahrstoffe (Quarzfeinstaub, Schwermetalle) festgestellt.

### 9.12.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Ein geeignetes Entstaubungssystem für Mischanlagen sollte die im Mischbehälter anfallende Verdrängungsluft durch direkte Absaugung am Mischbehälter erfassen. Ein geringfügiger Unterdruck im Mischer kann Undichtigkeiten ausgleichen. Durch richtige Wahl des Filtermediums, des Abreinigungssystems und richtige Dimensionierung sollte das Filter auch bei nasser Luft in Verbindung mit hygroskopischen Stäuben abreinigbar bleiben. Die gereinigte Luft sollte ins Freie abgeführt werden.

### 9.12.3 Getroffene Maßnahmen

Es wurde eine aktive Trockenentstaubung durch Aufbau eines filternden Abscheiders mit Ventilator an Stelle des Filterbeutels eingesetzt. Im Mischbehälter wird ein geringfügiger Unterdruck erzeugt, die staubhaltige Verdrängungsluft strömt in das Filtergehäuse, der Staub wird an den Filterelementen abgeschieden und die Reinluft über Dach ins Freie geführt. Die Filterelemente mit PTFE-Membrane werden durch ventilgesteuerte Druckluftimpulse vollautomatisch abgereinigt. Das Filter ist platz sparend in den Stahlbau oberhalb der Mischanlage integriert und der Austrag des abgeschiedenen Staubes erfolgt direkt zurück in den Mischer. Um bei Nassmischern ein Anbacken des Staubes zu vermeiden, wird trockene Raumluft mit angesaugt oder gegebenenfalls eine Isolierung oder Beheizung des Filtergehäuses vorgesehen.



**Abbildung 40:**  
Filternder Abscheider mit  
Ventilator an Stelle des  
Filterbeutels

## BGI 5121

### Technische Daten (Beispiel)

Volumenstrom: 600 m<sup>3</sup>/h

Filter: Taschen-Jetfilter

Filterfläche: 6 m<sup>2</sup>

Filtermedium: Polyester-Nadelfilz mit PTFE-Membrane

Abreinigung: Druckluft 5 bar

### Vorteile:

erhebliche Expositionsminde- rung; wartungsfreier und vollautomati- scher Betrieb;

kürzere Reinigungszeit;

weniger Verschleiß;

Kontrollmessungen nach TRGS 402 können entfallen.

**Messergebnis:** Die E-Staubkonzentration im Arbeitsbereich ver- minderte sich auf 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

## 9.13 Verladehalle mit LKW und Staplerverkehr

### 9.13.1 Ausgangssituation

#### Problemstellung

In die geschlossenen Verladehallen fahren LKW ein und werden dort durch Gabelstapler mit Traglasten von 8 t be- und entladen. Trotz Rußfiltern an allen Staplern und lufttechnischer Maßnahmen (Mischlüftung mit Zu- und Abluft an der Hallendecke) konnte der bis Ende 2004 geltende Grenzwert für Dieselmotoremissionen nicht mehr eingehalten werden.

Messungen zeigten, dass die vorhandene lufttechnische Anlage die Abgase gleichmäßig mischt und mit einer Raumlftwechselzahl von 2,6/h nur unwesentlich verdünnt.

#### Technische Daten

Hallengröße: (L, B, H) 320 m, 30 m, 12 m; 25 Diesel-Gabelstapler, 8 t Tragfähigkeit, Dieselverbrauch: 500 t/a, Rußfilter an allen Staplern; Abfertigung von durchschnittlich 70 LKW pro Schicht, maximal bis zu 260 LKW pro Tag in der geschlossenen Halle

### 9.13.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Die Abgase der Verbrennungsmotoren sind heiß und steigen somit nach oben zur Hallendecke. Im Fall der Gabelstapler werden die Abgase sogar über Dach der Fahrzeuge nach oben abgeleitet. Damit bietet sich für die Lüftung das Konzept der Schichtenströmung an (siehe auch Abschnitt 4, Abbildung 8).

Im Unterschied zu stationären Emissionsquellen, in denen die Überlegenheit der Schichtenströmung bereits vielfach nachgewiesen wurde, liegen in diesem Fall folgende erschwerende Umstände vor:

Die Schadstoffemittenten sind mobil. Dies führt zu Verwirbelungen der Luft durch die Fahrbewegungen. Hinzu kommt die Einschränkung, dass Frischluft in Bodennähe nur von den Seitenwänden aus relativ großer Entfernung zugeführt werden kann. Die Luftdurchlässe benötigen also einerseits eine große Wurfweite, dürfen andererseits aber nicht zu unerwünschten Verwirbelungen der Luft oder zu Induktionseffekten führen.

### 9.13.3 Getroffene Maßnahme

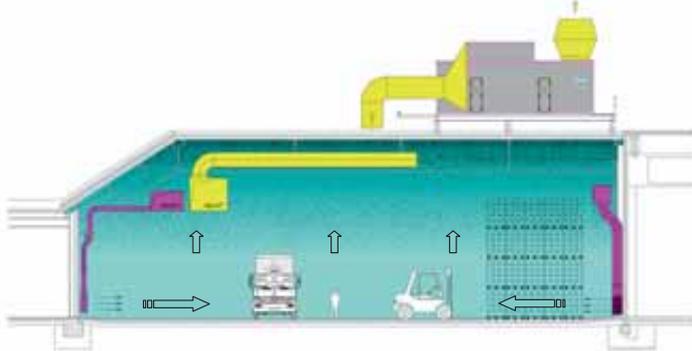
#### **Beschreibung**

In den 180 m langen ersten Teil der Verladehalle wurde eine Lüftung nach dem Schichtenströmungsprinzip eingebaut. Deren entscheidender Bestandteil sind 40 im Bodenbereich an den Hallenseiten eingesetzte Zuluftdurchlässe, welche die 30 m breite Halle impulsarm mit Zuluft versorgen (175.000 m<sup>3</sup>/h; flächenbezogener Zuluftstrom 32 m<sup>3</sup>/[m<sup>2</sup> h\*]). Die Zuluftdurchlässe sind speziell für diese Anwendung optimiert. Sie haben die widersprüchlichen Anforderungen von ausreichender Wirkungstiefe bei gleichzeitig geringer Induktion zu erfüllen. Eine zu hohe Induktionswirkung würde zu einer unerwünschten Rückvermischung der Zuluft mit verunreinigter Raumluft führen.

Die Abluft (280.000 m<sup>3</sup>/h) wird an der Decke abgezogen. Die Luftdifferenz wird über die Blocklager ausgeglichen. In Heizfall findet eine Energierückgewinnung über Rotationswärmetauscher statt. Die bedarfsgerechte Steuerung der frequenzgeregelten Antriebe der Ventilatoren wird mit Hilfe eines Sichttrübungsmeßgerätes vor-

## BGI 5121

genommen. Die Anpassung der Leistung der Lüftung an den augenblicklichen Bedarf dient der Energieeinsparung. Die Steuerung ist in das Leitsystem eingebunden.



**Abbildung 41:** Skizze der Luftführung (Querschnitt durch die Halle)



**Abbildung 42:** Bodennah angeordnete Zuluftdurchlässe neben den Verladezonen (in der obigen Skizze links angeordnet)

**Messergebnisse**

Die Wirkung der neuen Lüftung ist mittlerweile mit mehreren Messungen der Dieselmotoremissionen an verschiedenen Orten in der Halle im Frühsommer untersucht worden. Die Konzentrationen betragen sowohl in den Staplerkabinen wie auch an einem ortsfesten Messpunkt nur  $\frac{1}{4}$  der Werte, die zuvor unter ansonsten gleichen Bedingungen mit der alten Lüftung gemessen worden waren.

Eine zweite Messung ist im Winter unter geringfügig anderen Betriebsbedingungen durchgeführt worden. Dabei ergaben sich etwas höhere Konzentrationen als im Sommer, aber noch immer weitaus geringere als mit der bisher verwendeten Mischlüftung.

Die Messwerte erlauben einen Ausstieg aus den regelmäßigen Kontrollmessungen.

Die Verwirbelungen durch die Fahrzeuge beschränken sich auf den Bodenbereich und stören die Wirkung der Schichtenströmung nur gering.

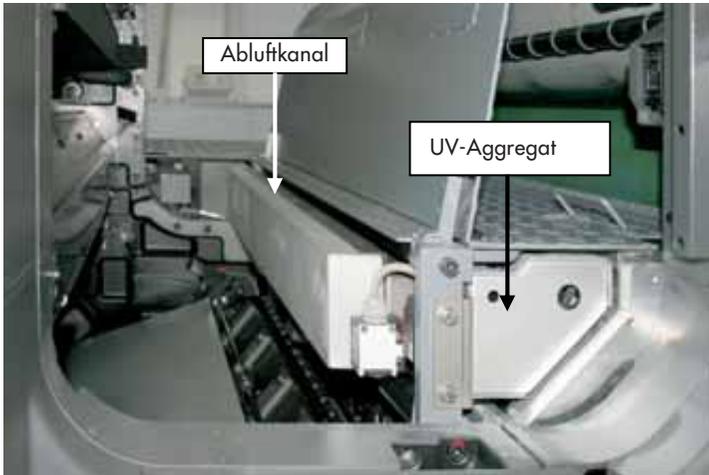
Der Energieverbrauch ist mit der neuen Lüftung gesunken. Die Beschäftigten sind hochzufrieden.

Die Filter können sich prozessbedingt schnell zusetzen. In dem geschilderten Beispiel ergibt sich ein Wartungsaufwand von 3 bis 4 Filterwechsel/Jahr im Bereich des Wärmerades (Wärmerückgewinnung im Winter).

**9.14 Bogenoffsetdruck mit UV-Trocknung****9.14.1 Ausgangssituation**

Zur Farb- bzw. Lacktrocknung im Bogenoffsetdruck können entweder physikalische Verfahren (Heißluft und oder IR-Strahlung) zum Austreiben der Lösemittel oder chemische Verfahren (UV-Licht) zur Polymerisation eingesetzt werden. Bei den lösemittelfreien UV-Farb- bzw. UV-Lacksystemen ist bei der Trocknung mit UV-Licht die Bildung von Ozon durch die energiereiche UV-Strahlung im Wellenlängenbereich kleiner 230 nm nicht auszuschließen. Des Weiteren muss mit möglichen Spaltprodukten aus den verwendeten Farben und Bedruckstoffen, z.B. Papier, gerechnet werden.

## BGI 5121



**Abbildung 43:** Druckmaschinenbauraum (Ausschnitt) im Bogenoffset

Eine weitere typische Gegebenheit des Offsetdrucks resultiert aus der Notwendigkeit des Waschens der Gummitücher, den eigentlichen Überträgern des Druckbildes auf den Bedruckstoff. Hierzu werden Lösemittel eingesetzt, die in Verbindung mit der heißen Oberfläche der UV-Lampen (800 bis 900 °C) eine Explosionsgefahr erzeugen können.

### 9.14.2 Kriterien für Lüftungstechnische Maßnahmen

Ozon ist ein Reizgas, das schon in niedrigen Konzentrationen auf Augen, Nase, Rachenraum und Lunge einwirkt. Auf Grund der hohen Maschinenlaufgeschwindigkeiten (bis zu 14.000 Bogen pro Stunde) und der damit verbundenen Luftströmung kann das gebildete Ozon über die gesamte Maschinenlänge ungehindert in den Drucksaal austreten.

Spaltprodukte aus den Bedruckstoffen und den Fotoinitiatoren riechen zum Teil sehr intensiv. Diese Geruchsstoffe können über den Bogenlauf bis hin zur Bogenentnahme transportiert werden, dem eigentlichen Arbeitsplatz des Druckers, wo sie dann, in Abhängigkeit von der Menge, eine hohe Belästigung verursachen. Empfehlenswert wäre deshalb eine gute Be- und Entlüftung des gesamten

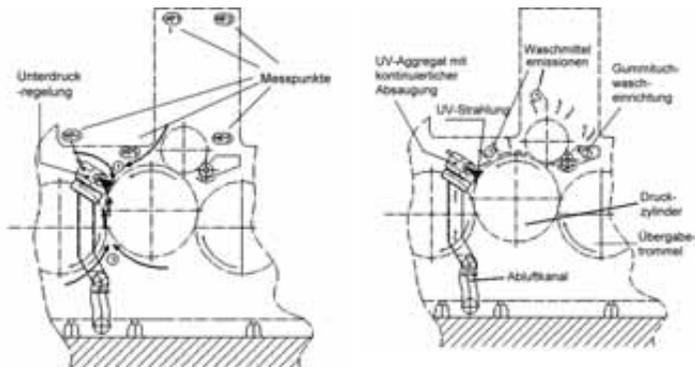
DrucksaaIs. Weiterhin sollten die Druckerzeugnisse bei Geruchsbe-  
 lästigung möglichst umgehend aus dem Drucksaal transportiert  
 oder abgesaugt werden, da die Geruchsstoffe noch dem Papier  
 anhaften.

Hinsichtlich der Atemluftbelastung im Drucksaal sind die Emissio-  
 nen aus den zur Anwendung kommenden Waschmitteln weniger  
 kritisch. Auf Grund der relativ hohen Flammpunkte ( $F_p > 55\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 verdampfen diese nur sehr langsam und in geringer Menge.

### 9.14.3 Getroffene Maßnahmen

Um die Exposition gegenüber Ozon zu begrenzen, werden UV-  
 Aggregate heute üblicherweise mit stationären Luftabsaugungen  
 ausgestattet, die das Ozon nach außen abführen und so aus dem  
 Drucksaal entfernen. Dadurch wird gewährleistet, dass die neben  
 der UV-Strahlung erzeugte Wärme und das gebildete Ozon nicht  
 in den Arbeitsraum gelangen können. Dabei ist darauf zu achten,  
 dass die Maschinenverkleidung vollständig angebracht ist, denn  
 nur so sind eine wirksame Schadstoffeffassung und damit eine aus-  
 reichende Absaugung gewährleistet.

Die effiziente Ozonabsaugung am Ort der Entstehung garantiert,  
 dass der AGW-Wert nicht überschritten wird.



**Abbildung 44:** Absaugung diffuser Emissionen aus dem Druck-  
 maschinenbauraum

## BGI 5121

Die kontinuierliche Luftzufuhr und die damit einhergehende Luftverwirbelung durch den Papiertransport in der Druckmaschine sorgen in aller Regel dafür, dass eine Diffusion von Lösemittlemissionen in gefahrbringender Konzentration zum UV-Trockner nicht stattfindet. Die Absaugung der UV-Trockner und der damit verbundene zusätzliche permanente Luftaustausch tun ein Übriges, um eine Gefährdung (Explosionsgefahr) durch den Eintrag von Lösemittel in den Trocknerbereich zu verhindern. Eventuell auftretende Spaltprodukte aus den Farben und dem Bedruckstoff können, falls erforderlich, durch eine zusätzliche optional erhältliche Geruchsabsaugung im Bereich der Bogenentnahme entfernt werden (siehe Abbildung 45).



**Abbildung 45:** Bogenoffsetmaschine im Drucksaal: Alle abgesaugten Emissionsbestandteile werden mittels Abluftleitungen über Dach abgeführt, wodurch ein Eintrag in den Arbeitsbereich ausgeschlossen wird.

Zusätzlich müssen nachfolgend beschriebene Maßnahmen beim Waschvorgang des Gummituchs ergriffen werden:

1. Das Trocknersystem muss ausgeschaltet sein.
2. Abkühlvorgang des Trocknersystems (2 min).

3. Absaugung der lösemittelhaltigen Luft während des Waschzyklus (2 min).
4. Absaugung der eventuell noch lösemittelhaltigen Luft nach dem Waschzyklus (2 min).
5. Wiederinbetriebnahme des Trockners.

Fortschrittliche UV-Trocknersysteme können auf Grund des Sicherheitskonzepts von Trockner- und Druckmaschinenhersteller eine erhebliche Verkürzung dieser Waschzeiten im UV-Bogenoffsetdruck realisieren. Dabei kann die maximal theoretische Lösemittelkonzentration im Trockner rechnerisch ermittelt werden. Unter der Annahme, dass sämtliches eingebrachtes Waschmittel in den Trocknerbereich gelangt, lässt sich mit der abgesaugten Luftmenge, der Waschmittelmenge und Molmasse sowie der Betrachtung als ideales Gas die maximale Konzentration ermitteln. Ist die Luftmenge ausreichend groß, so werden je nach Typ des Waschmittels (Flammpunkt > 55 °C) maximale Konzentrationen von weniger 1 % der UEG erreicht.

Auf Grund der Vielfalt an unterschiedlichen Druckmaschinen/-konstruktionen und UV-Trocknersystemen muss im Einzelfall geprüft werden, welche der folgenden Kriterien dabei zum Tragen kommen:

- Unterdruckregelung des Abluftsystems,
- Unterdrucküberwachung am UV-Trockner,
- kontinuierlicher Luftaustausch im Maschinenraum, um das Überschreiten der unteren Explosionsgrenze zu verhindern,
- konstruktive Optimierung von UV-Trockner und Druckmaschine zur Verhinderung von Totvolumina, in denen eine Anreicherung mit Lösemitteln erfolgen kann,
- Konzentrationsmessungen zur Überprüfung und Abnahme.

Die vorstehend aufgeführten Kriterien stellen eine mögliche Lösung für diese Systeme dar; es handelt sich hierbei jedoch nicht um verbindliche Anforderungen.

# BGI 5121

## 9.15 Siebdruckereien

### 9.15.1 Ausgangssituation

Verfahrenstechnisch bedingt kommt es in Siebdruckereien zur Emission von Lösemitteldämpfen, was vor allem auf das Verdunsten der in den Druckfarben, Reinigungs- und Hilfsmitteln enthaltenen Lösemittel zurückzuführen ist. Emissionen treten vor allem beim Druckvorgang, beim Trocknen des Farbauftrages und bei der Siebreinigung auf. Diese unvermeidbaren Stofffreisetzungen können zur Beeinträchtigung der Gesundheit der Beschäftigten führen.

Im Rahmen umfangreicher Messungen in insgesamt 40 Siebdruckereien wurde bei 17 % der Messwerte eine Überschreitung der Grenzwerte festgestellt [LASI/ALMA-Empfehlung LV 24.] (LASI = Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik). Die Grenzwertüberschreitungen waren insbesondere auf die 2003 erfolgte Senkung der damaligen MAK-Werte zweier oft eingesetzter Lösemittel (Solvent Naphtha von 200 auf 100 mg/m<sup>3</sup>, Diacetonalkohol von 240 auf 96 mg/m<sup>3</sup>!) zurückzuführen.

Zur Vermeidung und Verminderung dieser Belastungen durch Lösemitteldämpfe sind deshalb nach dem Schutzstufenkonzept der Gefahrstoffverordnung unter anderem nach § 9 Abs. 2 Nr. 2 lufttechnische Maßnahmen einsetzbar (Schutzstufe 2), was gegenwärtig in der Praxis nur unzureichend der Fall ist. In kleinen Siebdruckereien dominiert die freie Lüftung. Werden lufttechnische Maßnahmen angewendet, beschränken sich diese meistens auf die Absaugung der Lösemitteldämpfe aus den Durchlaufrocknern, aus dem Drucksaal und aus dem Siebwaschbereich. Raumlufttechnische Anlagen mit gezielter Zu- und Ablufführung sowie Wärmerückgewinnung sind kaum anzutreffen.

### 9.15.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Als Beispiel dienen die Trockenhorden in einer Siebdruckerei, die Druckerzeugnisse, z.B. Plakate, nach dem Flachsiebdruckverfahren herstellt. Es soll eine wirkungsvolle Maßnahme zur Reduzierung der Lösemittelbelastung im Arbeitsbereich während des Bestückens einer Siebdruckmaschine (Dreiviertelautomat) und dem sich anschließenden Trockenvorgang dargestellt werden.

### **Ausbreitung der Lösemitteldämpfe**

Trockenhorden stellen eine Quelle für die Emission von Lösemitteldämpfen dar. Während des Trocknungsprozesses treten Lösemitteldämpfe ungehindert in den Drucksaal bzw. in die Arbeitsbereiche der Beschäftigten aus. Da die Trockenhorden während des Druckvorganges von den Beschäftigten kontinuierlich bestückt werden, kommt während dieser Zeit eine Aufstellung außerhalb des Arbeitsbereiches oder sogar des Drucksaales nicht in Frage.

### **Einfluss von Querströmungen**

Das Ausbreitungsverhalten der Lösemitteldämpfe an den Trockenhorden wird von Querströmungen im Drucksaal stark beeinflusst. Diese können beispielsweise durch vorhandene Lufttechnik sowie durch Bewegungen von Maschinen und Beschäftigten hervorgerufen werden.

### **Trocknungsverhalten der Lösemittel**

Die beim Druckvorgang verwendeten Farben besitzen je nach Farbtyp unterschiedliche Konsistenz und Lösemittelanteile. Die Lösemittelbestandteile der aufgetragenen Druckfarbe verdunsten je nach Dampfdruck unterschiedlich schnell. Wesentlichen Einfluss auf das Trocknungsverhalten haben auch die Dicke des Farbauftrages und die Größe der bedruckten Fläche.

#### **9.15.3 Getroffene Maßnahmen**

Für eine wirkungsvolle Absaugung der Lösemitteldämpfe sind großflächige Erfassungselemente besonders geeignet. Dazu gibt es individuelle und auch handelsübliche konfektionierte Lösungen, wie beispielsweise direkt an der Trockenhorde installierte sowie mobile Absaugeinrichtungen.

## BGI 5121



**Abbildung 46:**  
Montierte Absaughaube



**Abbildung 47:**  
Mobile Absaughaube für  
Trockenhorden

### **Vorteile des Einsatzes dieser Absaughauben:**

- Montierte bzw. mobile Absaughauben sind jederzeit nachrüstbar,
- flexibler Anschluss für eine variable Einsetzbarkeit, z.B. unterschiedliche Positionierung,
- mögliche Einbindung der Absaugung über flexible Leitungen in zentrale Abluftanlagen,

- keine Beeinträchtigung des Arbeitsablaufes beim Bestücken der Trockenhorde, denn die Erfassungselemente befinden sich hinter der Trockenhorde,
- Nutzung der Absaughauben zum weiteren Trocknen des Bedruckgutes nach Bestücken,
- Messungen an Trockenhorden ergaben eine Halbierung der Konzentration der Lösemitteldämpfe in der Atemluft.

### Explosionsschutz

Hinsichtlich einzuhaltender Explosionsschutzmaßnahmen wird auf die DIN EN 1010-1 verwiesen. Für Siebdruckmaschinen gelten dabei besondere Bedingungen, die in der LASI/ALMA-Empfehlung LV 24 näher erläutert werden.

### Technische Daten (für Abbildung 47)

- Trockenhorde: Höhe 150 cm, Breite 100 cm, Tiefe 100 cm
- Absaugvolumenstrom: ca. 1200 m<sup>3</sup>/h
- Druckverlust: ca. 250 Pa
- Anschlussdurchmesser: 100 mm

#### 9.15.4 Weiterführende Informationen

- **Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck** (LASI/ALMA-Empfehlung LV 24) (auch als Kurzfassung/Broschüre des Amtes für Arbeitsschutz Hamburg),
- **Lufttechnik in Siebdruckereien** – Praktikable Lösungen zum Schutz vor Lösemitteldämpfen, Broschüre Technik 25, Hrsg. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Dortmund, Berlin, Dresden,
- **DIN EN 1010-1** „Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen; Teil 1: Gemeinsame Anforderungen“.

# BGI 5121

## 9.16 Handbeschicken eines Rührwerkbehälters

### 9.16.1 Ausgangssituation

In einer Reihe von Herstellungsprozessen von technischen Produkten ist die Zugabe von Komponenten zu Mischungen, die gerührt werden, erforderlich. Am dargestellten Arbeitsplatz aus der Lackherstellung erfolgt eine manuelle Zugabe von Pigmenten, die akute und chronische Gesundheitsschäden verursachen können.

Höherrangige Maßnahmen wie Ersatz des Gefahrstoffes durch einen weniger gefährlichen Stoff oder Arbeiten in geschlossenen Systemen sind bei einer Vielzahl von Arbeitsplätzen aus unterschiedlichen Gründen nicht umsetzbar.

Daher besteht eine Exposition des Bedieners gegenüber

- Lösemitteldämpfen aus dem offenen Rührbehälter und
- dem bei der Sackzugabe entstehenden Staub im Atembereich, die zu minimieren ist.

Die ungeschützte Rührwelle stellt eine weitere Gefährdung dar.

Ein Gesamtansatz von ca. 400 kg wird über einen Zeitraum von 30 Minuten relativ offen gemischt (Abbildung 48), dabei werden ca. 100 kg Gelbpigment (Bleisulfochromatgelb) als Sackware manuell zugegeben. Am Rande des Mischbehälters befand sich ein schmaler Absaugtrichter. Eine personenbezogene Messung zeigte eine deutliche Staubbelastung des Beschäftigten ( $4,1 \text{ mg/m}^3$ ) und eine mehrfache Überschreitung der bis Ende 2004 geltenden Grenzwerte für Blei und Chrom(VI).

**Technische Daten:**

Raummaße:  $L = 14 \text{ m}$ ,  $B = 4 \text{ m}$ ,  $H = 3,1 \text{ m}$

Behälteroberfläche:  $A = \text{ca. } 0,2 \text{ m}^2$

Erfassungseinrichtung:

Öffnungsquerschnitt:  $0,03 \text{ m}^2$  Durchmesser  $0,2 \text{ m}$

Abstand von Rührwelle (Behältermitte):  $\text{ca. } 0,4 \text{ m}$

Absaugung:  $V = \text{ca. } 500 \text{ m}^3/\text{h}$



**Abbildung 48:**  
Offener Rührwerkbehälter

### 9.16.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Anzustreben ist eine möglichst direkte Erfassung der Lösemitteldämpfe, des entstehenden Staubes und Vermeidung der Ausbreitung der Gefahrstoffe im Raum. Dazu muss die Oberfläche, von der Lösemittel abdampft, minimiert werden und der bei der Zugabe entstehende Staub mit einer Erfassungseinrichtung halboffener oder möglichst geschlossener Bauart an der Emissionsquelle erfasst werden.

## BGI 5121

Außerdem muss vermieden werden, dass bei der Entsorgung leerer Säcke eine weitere Staubfreisetzung auftritt. Wegen der Toxizität der Stäube muss eine Abscheidung erfolgen, ggf. sind bei einer Luftrückführung die Anforderungen der TRGS 560 zu beachten. Eine dauerhaft sichere Einhaltung der Luftgrenzwerte ist anzustreben.

### 9.16.3 Getroffene Maßnahmen

Der Behälter wurde mit einer höhenverstellbaren, geteilten Abdeckung versehen, an der sich die mit einem Gitter versehene Zugabeöffnung befindet. Die Erfassungseinrichtung ist über einen Anschlussstutzen am Deckel angebracht und erfasst sowohl Emissionen aus dem Behälter als auch aus der Öffnung der Zugabe-  
stelle (Abbildung 49). Damit wurde eine Erfassungseinrichtung halboffener Bauart realisiert. Die Rührwelle wurde über eine Spiralschlauchkonstruktion abgesichert. In den Fällen, bei denen keine Staubbelastung und keine elektrostatischen Probleme entgegenstehen, könnte die Behälterabsaugung auch über diese Konstruktion erfolgen.

Eine Überprüfung der Wirksamkeit der Umbaumaßnahme ergab, dass damit die bis Ende 2004 geltenden Grenzwerte für Blei und Chrom(VI) unterschritten wurden. Die Kurzzeitwertbedingungen und der Allgemeine Staubgrenzwert für die einatembare Fraktion wurden eingehalten.

Unter Berücksichtigung der verkürzten Exposition (ein Ansatz von 15 Minuten pro Schicht) kann bei dieser Arbeitsweise eine dauerhaft sichere Einhaltung der Luftgrenzwerte erreicht werden.



**Abbildung 49:** Manuelle Sackaufgabe mit verbesserter Erfassungseinrichtung und geschützter Rührwelle

**Technische Daten:**

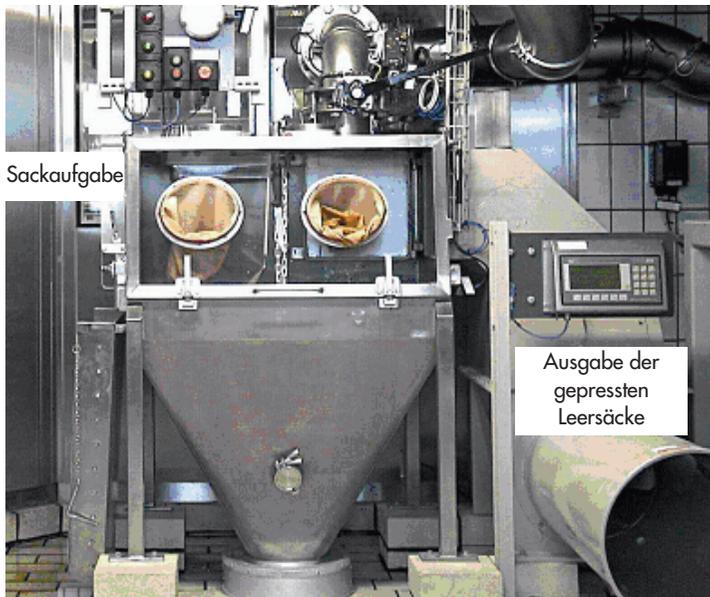
Keine Änderung an der Lüftungsanlage, stattdessen bessere Erfassung, keine Luftrückführung

Filtermaterial:

Polyethylen mit PTFE-Membran

Diese Lösung ist noch anfällig gegen Querströmungen, da es sich um eine Erfassungseinrichtung halboffener Bauart handelt. Es werden kommerzielle Sackaufgabe-Einrichtungen angeboten, die in geschlossener Bauart ausgeführt sind (siehe Abbildung 50).

## BGI 5121



**Abbildung 50:** Geschlossene Sackaufgabe-Einrichtung mit Leersackkompaktor

### 9.16.4 Weitergehende Informationen

BGI 5029 CD-ROM „Schutzmaßnahmen beim manuellen Abwiegen und Abfüllen von staubenden Produkten“, herausgegeben vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BGIA), August 2006

### 9.17 Labor-Abzüge

#### 9.17.1 Ausgangssituation

Im Laborbereich wird typischerweise mit Gefahrstoffen in Mengen umgegangen, die um Größenordnungen kleiner sind als bei einer technischen Produktion oder Fertigung. Hinzu kommt, dass häufig eine Flexibilität gefordert ist, die den Umgang mit Gefahrstoffen in konstruktiv geschlossenen („technisch dichten“) Systemen unwirtschaftlich macht.

Die Gefährdungsbeurteilung ergibt, inwieweit bei den eingesetzten Apparaturen und Verfahren (siehe Abbildung 51) Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten, z.B. Lüftungstechnischer Art, erforderlich sind.



**Abbildung 51:**  
Destillation

Als Beispiel für einen labortypischen Umgang mit Lösemitteln wird die Destillation von Essigsäureethylester gewählt. Ein Ansatz in einem 2-Liter-Kolben wird destilliert, indem der Dampf in einem absteigenden Westkühler kondensiert und in einer Vorlage aufgefangen wird. Bei dieser scheinbar geschlossenen Anordnung zeigt eine fünfminütige Messung, dass in Atemhöhe vor der Apparatur ein Wert von  $10,6 \text{ mg/m}^3$  erreicht wird.

### 9.17.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

Falls es um den Schutz vor gefährlichen Gasen, Dämpfen, Aerosolen oder Stäuben geht, werden – speziell im Labor – mit Erfolg Abzüge eingesetzt. Dabei sollen drei wesentliche Gefährdungen vermieden werden:

- Gase, Dämpfe oder Schwebstoffe sollen daran gehindert werden, in gefährlicher Konzentration oder Menge aus dem Abzug in den Laborraum zu gelangen.
- Im Abzugsinneren soll die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindert werden.
- Verletzungen von Personen oder Beschädigung von Einrichtungen durch verspritzende gefährliche Stoffe oder umherfliegende Splitter sollen verhindert werden.

## BGI 5121

Geeignete Abzüge sind in der Regel solche Produkte, die den Anforderungen der DIN EN 14 175 (08.2003) und dem Kriterienpapier des Fachausschusses Chemie, bzw. der DIN 12924 Teile 2 bis 4 (11.2005; 04.1993; 01.1994) genügen, insbesondere bezüglich der Bauweise und der Typprüfung der Sicherheitsfunktionen. Um Gefährdungen durch Gefahrstoffaustritte sowie durch mechanische Einwirkungen (Verpuffungen, Explosionen) auf die Umgebung (den Laborraum und die Personen) möglichst zu minimieren, werden Bauformen eingesetzt, die im Betriebszustand meistens, bis auf die Luftzutrittsöffnung, weitestgehend geschlossen sind.

### 9.17.3 Getroffene Maßnahmen

Die vorstehend beschriebene Destillation wird mit gleichem Aufbau in einem Laborabzug durchgeführt (Abbildung 52), die Messung zeigt, dass hierbei die Lösemittelkonzentration im Atembereich unter der analytischen Bestimmungsgrenze liegt, also bei dieser Arbeitsweise eine dauerhaft sichere Einhaltung der Luftgrenzwerte erreicht werden kann.

Dabei muss beachtet werden, dass das Arbeiten im Abzug nicht als automatisch wirksame Methode angesehen werden kann, um sich beim Umgang mit gefährlichen Stoffen zu schützen.



Abbildung 52: Laborabzug

## BGI 5121

Wichtig ist die fachkundige Einbindung in die Gebäudeinfrastruktur, insbesondere die Lüftungstechnik. Die richtige Anordnung des Abzugs im Laborraum gehört ebenfalls wesentlich dazu:

Luftströmungen und Bewegungen vor dem Abzug können die Strömungsverhältnisse im Abzug (Abbildung 53) stören und zu einem Schadstoffaustritt durch die Arbeitsöffnung in den Atembereich des Bedieners führen.

Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn sich der Abzug neben der Eingangstür oder am Hauptverkehrsweg des Labors befindet.

Ebenso entscheidend für die Schutzwirkung ist der richtige Einsatz durch den Benutzer, z.B.:

- Arbeitsverfahren und Versuchsaufbau sind so zu wählen, dass sie ein Arbeiten mit geschlossenem Frontschieber ermöglichen (Bedienung von außen, gegebenenfalls Eingriff durch geteilte Schieber),
- ein Hineinbeugen in den Abzug, rasche Bewegungen vor dem Abzug und Öffnen des Frontschiebers sind zu vermeiden.

Auch Einbauten im Abzug führen zu Abweichungen von den idealen Strömungsbedingungen und stören die gewünschte Funktion, ebenso wie zu geringe Zuluftströme (falsch dimensionierte oder nicht richtig eingestellte technische Zuluft) oder mangelnde Abluftvolumenkapazität, z.B. bei falscher Dimensionierung bzw. Steuerung des Volumenstroms bei wechselndem Betrieb mehrerer Abzüge an einer Lüftungsanlage.



**Abbildung 53:**  
Rauchsimulation  
im Abzug

# BGI 5121

## 9.17.4 Weiterführende Literatur

Technische Regeln für Gefahrstoffe „Laboratorien“ (TRGS 526) (07.2001),

Richtlinien für Laboratorien (BGR 120),

BG-Information „Gefährdungsbeurteilung im Labor“ (BGI 850-1) in Vorbereitung,

BG-Information „Laborabzüge“ (BGI 850-2) in Vorbereitung,

Kriterienpapier des Fachausschusses Chemie, Download von der Homepage der BG Chemie

([http://www.bg-chemie.de/files/81/Spuergas-Hoechstwerte\\_Abzuege\\_Gr.pdf](http://www.bg-chemie.de/files/81/Spuergas-Hoechstwerte_Abzuege_Gr.pdf)).

## 9.18 Wärmerückgewinnung bei Entstaubungsanlagen

### 9.18.1 Ausgangssituation

Die Abwärme aus der Abluft von z.B. Hallenluftabsaugungen oder Entstaubungsanlagen wird meist ungenutzt in die Umgebung abgeführt. Mit einer vollständigen oder teilweisen Nutzung der Abwärme kann ein wichtiger Beitrag zur Energieeinsparung und damit Senkung der Betriebskosten geleistet werden. Eine direkte Nutzung über die Umluft oder Reinaluftrückführung, z.B. an Entstaubungsanlagen, ist jedoch nur bedingt möglich (siehe Anhang 4 und Abschnitt 3.4.1 der BG-Regel „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ [BGR 121]), wodurch eine Wärmerückgewinnung nur in den wenigsten Fällen erfolgt. Der Einsatz von regenerativen Wärmeübertragern mit rotierenden Speichermassen ist in der Lüftungs- und Klimatechnik üblich und hat sich bewährt. Dabei gelangt die gesamte Abluft in die Atmosphäre und für die Zuluft wird nur Außenluft verwendet. Ihr Einsatz in belasteter Abluft wird aber wegen der Befürchtung der Verschleppung und Rückförderung von Luftverunreinigungen häufig nicht erwogen.

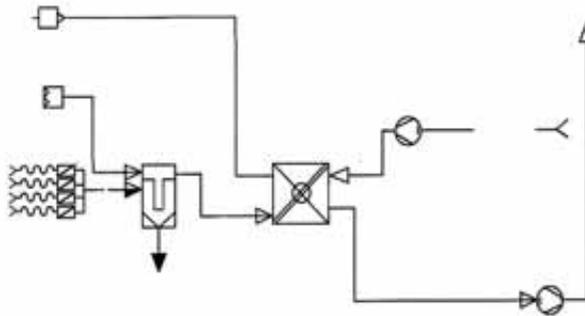
### 9.18.2 Kriterien für lufttechnische Maßnahmen

In Abhängigkeit von der Art und Konzentration der Luftverunreinigung sowie der Luftmengen ist eine geeignete Kombination aus Erfassung, Abscheider und Wärmerückgewinnung vorzusehen. Bei Bearbeitungsverfahren mit Staubfreisetzung, z.B. in der Kunststoff-

industrie bei mechanischen Bearbeitungsvorgängen, wie Sägen, Schleifen, Trennen und Bohren, sollte ein Kompaktabscheider als Baueinheit von Staubabscheider und Wärmerückgewinnungssystem mit integrierter Reinigungsvorrichtung eingesetzt werden. Damit wird eine optimale Wärmerückgewinnung bei gleichzeitig unbelasteter Zuluft erreicht.

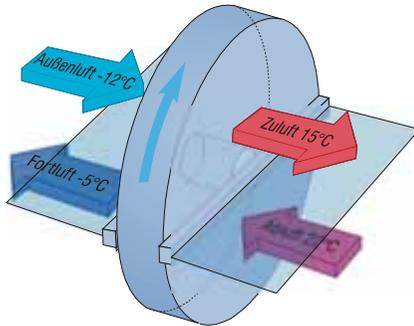
### 9.18.3 Getroffene Maßnahme

Die praktische Umsetzung kann mit einer Kombination aus Patronenfilter min. F5 (Abreinigung mit Druckluftimpulsen) zur Staubabscheidung und nachgeschalteten Rotationswärmetauscher (Regenerator) erfolgen. Dieser gewährleistet gleichzeitig einen hohen Wirkungsgrad für die Wärmeübertragung. Damit ein Verschleppen von an den Wärmeübertragerflächen anhaftenden Staubpartikeln vermieden wird, wird ein spezielles mit Druckluft arbeitendes Reinigungssystem eingesetzt.



**Abbildung 54:** Anlagenschaltbild

# BGI 5121



**Abbildung 55:** Prinzipskizze Rotationswärmetauschers

## Technische Daten der Beispielanlage

Volumenstrom Fortluft:	6300 m <sup>3</sup> /h
Druckverlust Patronenfilter:	400 Pa (nach 800 Betriebsstunden)
Druckverlust Rotationswärmetauschers:	180 Pa (nahezu konstant)
Druckverlust Gesamtanlage:	800 Pa (nach 800 Betriebsstunden)
Rohgaskonzentration:	300 bis 1000 mg/m <sup>3</sup> (Arbeitsplatzabsaugung)
Staubkonzentration Fortluft:	1 bis 3 mg/m <sup>3</sup>

Die technischen Daten verdeutlichen den relativ geringen Druckverlust des Rotationswärmetauschers im Vergleich zur Gesamtanlage.

## Effektivität der Wärmerückgewinnung

Das Maß der Effektivität der Wärmerückgewinnung ist die Rückwärmezahl. Die Beispielanlage hat bei einem repräsentativen Betriebsablauf einen Temperaturübertragungsgrad von 74 % bezogen auf die Zuluft erreicht. Vergleichbare Wärmeübertragungssysteme von Klima- und Lüftungsanlagen arbeiten meist ebenfalls mit Temperaturübertragungsgraden von > 70 %.

### Vorteile der Arbeitsplatzabsaugung mit Abwärmenutzung

- Energieeinsparungen durch Nutzung der Abwärme der Erfassungsluft zur Erwärmung der Hallenzuluft (Betriebskostensenkung),
- hoher Luftdurchsatz (5.000–00.000 m<sup>3</sup>/h) bei relativ niedrigem Druckverlust,
- einfache Regelung der übertragenen Wärmemenge über die Drehzahl des Wärmetauscherrades,
- kompakte Bauweise mit geringem Platzbedarf.

### Beschränkungen

Gefahr der Verschleppung von Gefahrstoffen in die Zuluft.

- Bei Krebs erzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 560) geruchsintensiven Stoffen sowie klebrigen, öligen oder aggressiven Medien ist die Anwendung nur in Sonderfällen möglich.
- Eine Vergleichskosten- oder Wirtschaftlichkeitsrechnung ist voranzustellen. Die aufgewendeten Kosten sollten sich in möglichst kurzer Zeit amortisieren. Bei Absauganlagen ist dies ab etwa 500 bis 1000 m<sup>3</sup>/h bei einer Einsatzdauer von ca. 10 h pro Tag der Fall.

#### 9.18.4 Weiterführende Informationen

- **Recknagel, Sprenger, Schramek:** Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, Abschnitt 3.3.8 Wärmerückgewinnung, Oldenbourg Industrieverlag München

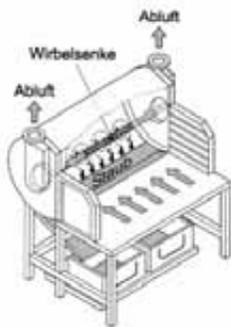
# BGI 5121

## Anhang 1

### Weitergehende Informationen zu Erfassungselementen

#### 1 Erfassungselemente

##### 1.1 Halboffene Erfassungseinrichtung – Wirbelhaube als Tischarbeitsplatz



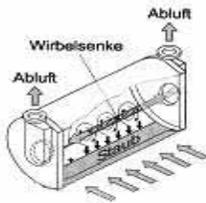
**Abbildung 1:**  
**Grundlagen**

- Funktion nach dem Wirbelsturmprinzip
- Gleichmäßige Erfassung über gesamte Breite

**Abbildung 2:**  
**Typische Eigenschaften**

- Sehr gute Erfassungstiefe bei impulsbehafteten Prozessen
- Durch gleichmäßige Strömung keine Zegerscheinungen am Arbeitsplatz
- Sehr guter Erfassungsgrad
- Integrierte Filterung möglich
- Individuelle Abmessungen und Formgebungen möglich

1.2 Offene Erfassungselemente – Wirbelhaube als Oberhaube



**Abbildung 3:**  
**Grundlagen**

- Funktion nach dem Wirbelsturmprinzip
- Gleichmäßige Erfassung über gesamte Breite

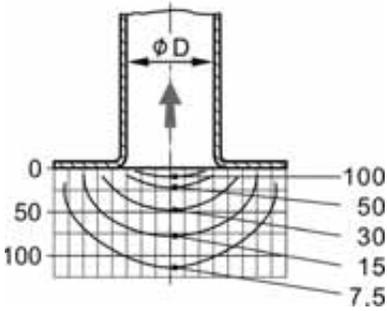


**Abbildung 4:**  
**Typische Eigenschaften**

- Hocheffektive Schadstoffeffassung, speziell bei thermik- und impulsbehafteten Prozessen
- Sehr guter Erfassungsgrad
- Integrierte Filterung möglich
- Individuelle Abmessungen und Formgebungen möglich

# BGI 5121

## 1.3 Offenes Erfassungselement – Düsenplatte



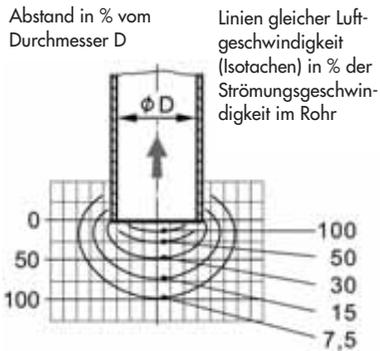
**Abbildung 5:**  
**Grundlagen**

- Für punktförmige Emissionsquellen
- Frei positionierbar

**Abbildung 6:**  
**Typische Eigenschaften**

- Gegenüber Saugrohr verbesserte Erfassungstiefe bei gleicher Luftmenge
- Gut einsetzbar bei Thermikströmung
- Guter Erfassungsgrad

## 1.4 Offenes Erfassungselement – Saugrohr



**Abbildung 7:**  
**Grundlagen**

- Für punktförmige Emissionsquellen
- Frei positionierbar

**Abbildung 8:**  
**Typische Eigenschaften**

- Geringer Platzbedarf
- Einsetzbar nur bei nicht impulsbehafteten Prozessen
- Geringe Erfassungstiefe
- Schlechter Erfassungsgrad

# BGI 5121

## Anhang 2

### Weitergehende Informationen zu Luftleitungen

#### Auswahl von Bauart und Werkstoff

Am häufigsten werden Rohre und Kanäle aus Stahlblech (Baustahl grundiert oder verzinkt oder Edelstahl) eingesetzt. Vorzugswerkstoff ist dabei verzinktes Stahlblech, weil es sowohl korrosionsbeständig als auch preiswert zu fertigen ist.



**Abbildung 1:** Wickelfalzrohre



**Abbildung 2:** Geschweißtes Rohr mit Spannring

*Wickelfalzrohr* oder *Spiralfalzrohr* (Blehdicken 0,6 bis 1,2 mm, siehe DIN 24 151 und 24 152) wird aus verzinktem Bandmaterial gewendet und spiralförmig gefalzt. Die dazugehörigen Formteile und Verbinder lassen sich einfach in das Rohrinne stecken. Die Abdichtung der Verbindungen erfolgt entweder durch Klebung oder besser mit auf den Formstücken aufgetragenen Doppellippen-Gummidichtungen. Auf Grund des geringen Fertigungs- und Montageaufwandes ist Wickelfalzrohr heute die meist verbreitete Bauart, der Einsatz ist aber auf nicht schleißende (abrasive) Stäube und bei größeren Durchmesser auf Drücke bis etwa  $\pm 2000$  Pa begrenzt.

*Geschweißte Rohre* (Blehdicken 1 bis 4 mm, siehe DIN 24 153) kommen bei höheren Anforderungen an Verschleißfestigkeit und Druckdichtigkeit zum Einsatz. Die Verbindung erfolgt dabei entweder sehr montage- und inspektionsfreundlich mit Bördelflanschen und Spannringen (siehe Abb. A2-2, druckdicht bis ca.  $\pm 3500$  Pa) oder mit angeschweißten DIN-Flanschen und Verbindung über Schrauben, die eine druckdichte und gegebenenfalls explosionsdruckfeste Ausführung ermöglichen.

*Kunststoffrohre* haben ihren Hauptvorteil in der Korrosionsbeständigkeit und werden deshalb vorzugsweise bei säurehaltiger Luft oder kondensierenden Dämpfen eingesetzt. Die dafür am häufigsten verwendeten Thermoplaste PE und PP sollten in der schwerentflammaren Ausführung (PEs oder PPs) eingesetzt werden. Die Gefahr elektrostatischer Aufladung ist zu beachten. Kanäle und Rohre werden als Halbfertigfabrikate von der Industrie angeboten und werden vor Ort durch Schweißung der Stöße unlösbar miteinander verbunden.

*Flexible Rohre* aus Aluminium werden ähnlich wie Wickelfalzrohre aus übereinander gelegten Bändern gefertigt, die durch Einprägen von Rippen miteinander verzahnt werden. Sie sind in der Länge stauch- und streckbar, lassen sich in engen Biegeradien verlegen und übertragen keine Schwingungen. Sie werden deshalb oft als Verbindungselement zwischen Geräten und festen Leitungen und bei engen Einbauverhältnissen eingesetzt. Die Rippen verursachen hohe Druckverluste. Sie machen die Rohre ungeeignet für staubhaltige, ölhaltige oder fetthaltige Luft.

*Kunststoffschläuche* werden meist aus PE-, PU- oder PP-Folie mit einer außenliegenden Federdrahtspirale hergestellt. Sie werden vor allem für den schwingungs isolierten Maschinenanschluss an feste Leitungen eingesetzt. Wegen des unebenen Strömungskanals mit erhöhtem Druckverlust und Ablagerungsgefahr sind sie so kurz wie möglich auszuführen. Auf schwerentflammare und gegebenenfalls antistatische Ausführung ist zu achten.

Rechteckige *Luftkanäle* werden aus (in der Regel verzinktem) Stahlblech gefalzt und über spezielle Luftkanalprofile dicht miteinander verbunden. Sie sollten nur für Reinluft verwendet werden, um Ablagerungen in den Kanten und Ecken zu vermeiden. In Einzelfällen, z.B. für aggressive Luft, werden auch Kanäle aus geschweißten Kunststoffplatten oder aus Faserzementbaustoffen eingesetzt.

### **Dimensionierung der Leitungsquerschnitte**

Die entscheidende Auslegungsgröße für einen wirtschaftlichen und störungsfreien Betrieb ist die Luftgeschwindigkeit. Die Dimensionierung der Leitungsquerschnitte stellt jedoch immer einen Kompromiss dar, denn niedrige Luftgeschwindigkeiten senken zwar den Druckverlust und den Schallpegel, erhöhen aber den Platzbedarf und die Gefahr von Ablagerungen.

<b>Leitungsquerschnitt</b>	<b>Platzbedarf</b>	<b>Druckverlust/ Betriebskosten</b>	<b>Schallpegel</b>	<b>Ablagerungen</b>
kleiner	geringer	höher	höher	geringer
größer	höher	geringer	geringer	höher

## BGI 5121

In der Praxis haben sich folgende Luftgeschwindigkeitsbereiche bewährt:

- 4 bis 7 m/s: Reinluft, Zu- und Abluft im Komfortbereich
- 5 bis 12 m/s: Zuluft in Gewerbe/Industrie und Abluft mit leichten Verunreinigungen
- 15 bis 18 m/s: geringe Partikelbelastung (z.B. Schweißrauch), leichte Stäube
- 18 bis 22 m/s: hohe Partikelbelastung (Entstaubung) oder schwere Partikel (Späne)
- > 22 m/s: pneumatische Förderung

Um in einem Rohrleitungsnetz in allen Strängen die gewünschten Geschwindigkeiten zu erreichen, ist der Einbau von Luftregulierklappen (Drosselklappen) meist unumgänglich.

Der Druckverlust (Rohrreibungsverlust) von Rohren und Formteilen **steigt quadratisch** mit der Luftgeschwindigkeit sowie proportional mit der Luftdichte und dem Widerstandsbeiwert, der für die verschiedenen Rohrbauteile durch Versuche bestimmt wird (Wertetabelle siehe *Literatur*).

Die Druckverluste von Formteilen können durch folgende Maßnahmen sehr wirksam reduziert werden:

Große Radien bei Rohrbögen ( $r \approx 1,5 \dots 2d$ )

Winkel bei Abzweigen und Hosenrohren  $\leq 30^\circ$

Übergänge rund auf eckig und Konusstücke mit Winkeln  $\leq 30^\circ$

In Bezug auf den mit steigender Luftgeschwindigkeit zunehmenden Schallpegel sind die in DIN EN 13779 genannten zulässigen Werte in Räumen zu beachten.

Für die Auslegung komplexer Rohrleitungsnetze sollte in der Regel ein Fachingenieur zu Rate gezogen werden. Das Rohrnetz muss ferner in die Berechnung des Gesamt-Anlagendruckverlustes zur richtigen Auslegung des Ventilators einfließen. Eine beispielhafte Rohrnetzauslegung ist im Beispiel einer Absauganlage in einer Schweißerei (Abschnitt 9.3) dargestellt.

*Literatur:* – *Recknagel-Sprenger, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*  
– *Kraft, G.: Raumlufttechnik, Verlag Technik Berlin, München*

## Anhang 3

### Weitergehende Informationen zu Partikelabscheidern

#### Filternde Abscheider

Filternde Abscheider haben die größte Verbreitung und nehmen an Bedeutung weiter zu, weil mit modernen Filtermedien und Abreinigungssystemen durchweg Abscheidegrade über 99 % bzw. von der Staubbeladung nahezu unabhängige Reststaubgehalte weit unter  $1 \text{ mg/m}^3$  erreicht werden können. Nach der Aufgabenstellung unterscheidet man:

- Nicht abreinigbare Filter zum Abscheiden geringer Partikelkonzentrationen aus Umgebungsluft (unter  $5 \text{ mg/m}^3$ ) oder Prozessgasen (unter etwa  $20 \text{ mg/m}^3$ ), die als Speicherfilter ohne Abreinigung nach Erreichen des vorgegebenen Druckverlustes ausgetauscht werden müssen. Sie sind zur Abscheidung von Partikeln und Tröpfchen geeignet.
- Abreinigbare Filter zum Abscheiden höherer Partikelkonzentrationen aus industrieller Abluft oder zur Produktabscheidung, die mit einem Abreinigungssystem für weitgehend konstanten Druckverlust ausgestattet sind. Sie werden im Wesentlichen zur Abscheidung trockener Partikel eingesetzt. Bei flüssigen und klebrigen Partikeln ist die geringere Abreinigbarkeit des Filtermediums zu beachten.

Das Filtermedium ist das Kernstück des filternden Abscheiders. Bei der Auswahl der geeigneten Faser ist häufig ein Kompromiss zu schließen, da es keine Faser gibt, die nicht irgendwelche chemischen, physikalischen oder kommerziellen Nachteile aufweist. Den größten Anteil an heute eingesetzten Filtermedien hat die Polyester-Faser (PES), die sich im Bereich trockener Rohgase bis ca.  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  bewährt hat. Die Fasern werden überwiegend zu dreidimensionalen Nadelfilzen oder Faservliesen verarbeitet, die den Staub sowohl auf der Oberfläche, als auch in der Tiefe des Mediums speichern können. Als Weiterentwicklung für eine bessere Abreinigbarkeit werden diese häufig mit einer Beschichtung der rohgasseitigen Oberfläche, z.B. durch eine Teflon-Membrane, versehen.

Diese textilen Medien werden zu Filterschläuchen und Filtertaschen konfektioniert. Dabei wird das flexible Filtermedium auf Stützkörbe oder -rahmen aufgezogen in den Abscheider eingebaut. Zunehmend werden auch starre, selbsttragende Filterelemente eingesetzt, die als sternförmige Filterpatronen, rautenförmige Kompaktfilterelemente oder lamellenförmige Sinterlamellenfilter eine möglichst große Filterfläche auf kleinstem Raum ermöglichen sollen.

## BGI 5121

Das mit Abstand verbreitetste Verfahren ist die so genannte Druckluftimpulsabreinigung, bei der die Filterelemente zeitabhängig oder differenzdruckge-regelt durch ventilgesteuerte Luftimpulse von 2 bis 7 bar Druck in der dem Luftstrom entgegengesetzten Richtung abgereinigt werden. In Verbindung mit einem geeigneten Filtermedium können damit auch zum Anbacken neigende Partikel abgereinigt werden. Große Filteranlagen werden alternativ dazu auch mit einer materialschonenderen Mitteldruck-Spülluftabreinigung mittels verfahrenem Spülventilator ausgestattet.

Bei den Abreinigungsverfahren hat die rein mechanische Abreinigung durch Klopfwerke, Rüttel-motore oder Vibratoren wegen ihrer Nachteile (hoher Verschleiß des Filtermediums, Abreinigung nur in den Betriebspausen mög-lich) nur geringe Bedeutung und ist allenfalls in kleinen dezentralen Entstaubungsgeräten für diskontinuierlichen Betrieb und trockene, frei fließende Stäube anzutreffen.

Die entscheidende Projektierungsgröße bei der Auslegung ist die häufig auch als Filterflächenbelastung bezeichnete Filtrationsgeschwindigkeit, mit der der zu reinigende Luftstrom durch das Filtermedium strömt. Sie ist dann nicht zu hoch gewählt (ausreichend dimensioniert), wenn sich im Betrieb ein weitgehend konstanter Druckverlust und damit Luftvolumenstrom einstellt. Sie ist ferner ausschlaggebend für Abscheidegrad, Standzeit, Baugröße sowie Investitions- und Betriebskosten filternder Abscheider.

Die geeignete Filtrationsgeschwindigkeit kann zwischen etwa 0,5 m/min, z.B. bei der Hochtemperatur-Rauchgasreinigung, und bis zu 5 m/min, z.B. bei Papier- oder Getreidestaub, schwanken. Dabei wird im Allgemeinen mit einem Druckverlust zwischen 500 und 2000 Pa zu rechnen sein. Die Standzeit moderner Filtermedien beträgt bei richtiger Auslegung durchweg mehrere Jahre.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Bauarten und typischen Kenngrößen Filternder Abscheider sowie über deren Einsatzgebiete und Einsatzgrenzen.

Bezeichnung	Speicherfilter ohne Abreinigung	Schlauchfilter	Taschenfilter	Petronenfilter	Kompakfilter	Sinterfilter
Abreinigung	Druckluftimpuls	Spülluft	Vibration	Druckluftimpuls	Druckluftimpuls	Druckluftimpuls
Systembild						
Wirkungsweise	Abscheidung von Partikeln zum Filtermedium durch Massekräfte, Spreneffekt, Diffusion, elektrostatische Kräfte, Abscheidewegung abhängig von Partikelgröße und -konzentration, Agglomerationsverhalten, Lufttemperatur und feuchte, Anströmgeschwindigkeit und Aufbau des Filtermediums	Bildung eines die Filterwirkung unterstützenden Filterkuchens – Regeneration durch zyklische Abreinigung mittels Druckluftimpuls, Gegenspülung oder Vibration	Flexible Filtermedien aus vorwiegend synthetischen Vliesen oder Nadelvlies als dreidimensionale Tiefenfilter oder als Oberflächentfilter durch Verdichtung, Beschichtung oder Membranen, Schläuche auf Stützkörner aufgezogen nur vertikal einbaubar, Taschen auf Stützrahmen aufgezogen horizontal oder vertikal einbaubar.	Starre, selbsttragende Filterelemente aus steinfrmig gedallten Papier- oder Kunststoffen, meist mit PTFE-Beschichtung oder aus Keramiksin-ter, horizontal oder vertikal	aus gesinterten Kunststoffen, meist mit PTFE-Beschichtung oder aus Keramiksin-ter, horizontal oder vertikal	
Einsatzgebiete	Zu-, Ab- und Umluftfilter in der Raumlufttechnik, Farb- und Ölnebelabscheidung, Sekundärfilter nach Abhängigkeitsfiltern	Breites Anwendungsgebiet zur Abscheidung vorzugsweise trockener Partikel aus industrieller Abluft und Abgasen, Temperaturbereiche bis ca. 260 °C, aus Metall und Keramik bis ca. 800 °C. Geeignete Filtermedien sind auch für feuchte Rohgase, zum Anbacken neigende Stäube oder bei chemischem Angriff verfügbar.	Vorwiegend mittlere bis große Anlagen für alle Anwendungsbereiche und kontinuierlichen Betrieb.	500 bis 100.000 m³/h 1.000 bis 100.000 m³/h 10.000 bis 150.000 m³/h	500 bis 10.000 m³/h 300 bis 10.000 m³/h	Kleinere bis mittelgroße Anlagen für kontinuierlichen Betrieb, auch für Feinstäube.
Bemerkungen						
Volumenstrom	500 bis 100.000 m³/h	1.000 bis 500.000 m³/h	10.000 bis 150.000 m³/h	500 bis 10.000 m³/h	300 bis 10.000 m³/h	1.000 bis 100.000 m³/h
Anströmgeschwindigkeit	Bis ca. 150 m/min	1,0 bis 3,5 m/min	600 – 2.000 Pa bis ca. 50 g/m³	0,5 bis 1,5 m/min	800 – 2000 Pa	1500 – 3000 Pa
Druckverluste	100 bis 600 Pa	bis ca. 100 g/m³	1 – 30 mg/m³	bis ca. 10 g/m³	bis ca. 20 g/m³	bis ca. 20 g/m³
Rohgaskonzentration	Bis ca. 0,05 g/m³	1 – 30 mg/m³	0,5 – 20 mg/m³	0,5 – 10 mg/m³	0,1 – 10 mg/m³	0,1 – 10 mg/m³
Reinigungskonzentration	0,01 – 1 mg/m³					
Vorteile	Hohe Abscheidungsleistung für feinste Stäube möglich	Anpassung an unterschiedlichste Betriebsbedingungen durch große Auswahl verschiedener Filtermedien und sehr effektive Abreinigung, niedrige Reststaubgerate durch Oberflächentritration	Preiswerte Kompaktgeräte mit Ventilator und Staubsaugmehrfach, mobile Ausführung möglich	Einwo doppelte Filterfläche gegenüber verschliffen auf gleichem Raum, geringer Verschleiß, kein Partikelabrith beim Filterelemente taun Partikelabrith beim Druckluftimpuls, hohe Abscheidende auch bei Feinstäuben, z.B. metallurgische Rauche	Hohe chemische bzw. Temperaturbeständig-keit	
Nachteile	Nur bei geringen Rohgaskonzentrationen einsetzbar, anstiegender Druckverlust während des Betriebes, Standzeit begrenzt (maximal 6 – 12 Monate)	Wegen großer Bauhöhen im Innenaufstellung erhöhter Verschleiß und Partikeldurchtritt beim Druckluftimpuls möglich	Für kleiner Anlagen hoher Investitionsaufwand, verfügbare Filterfläche durch Spulwägen reduziert	Abreinigung nur diskontinuierlich, hoher Verschleiß und Staubdurchtritt beim Aurdritn	Geringere Filterflä-chenbelastung gegenüber Taschenfil-tern realisierbar	Vergleichsweise hohe Druckverluste, geringere Filterflä-chenbelastung realisierbar

Tabelle 1: Bauarten und typische Kenndaten filternder Abscheider

# BGI 5121

## Massenkraftabscheider

Massenkraftabscheider, wie Zyklone, Prallabscheider und Absetzkammern, beruhen auf der Abscheidung durch reine Massenkraft, wie Gravitation und Zentrifugalkräfte (siehe Tabelle 2).

Ihr Vorteil liegt im einfachen Aufbau, geringem Platzbedarf, den niedrigen Investitionskosten und dem wartungsfreien und kostengünstigen Betrieb bei gleichzeitig geringen Druckverlusten (typisch unter 800 Pa, Hochleistungszyklon bis 1500 Pa).

Aus dem Abscheideprinzip ergibt sich aber die ausgeprägte Abhängigkeit des Abscheidegrades von der Masse der abzuschneidenden Partikel. Sie finden deshalb in der Regel nur für grobe Partikel, z.B. Holzspäne, Papierschnitzel, bei sehr geringen Anforderungen an den Abscheidegrad oder als Vorabscheider für nachgeschaltete Hochleistungsabscheider Verwendung.

## Elektrische Abscheider

In elektrischen Abscheidern werden abzuschneidende Staubpartikel oder Nebeltröpfchen aufgeladen, quer zur Gasströmung von einer entgegengesetzt gepolten Niederschlagselektrode (Kollektor) angezogen und dort abgeschieden. Die Aufladung erfolgt dabei durch Sprühentladung (Corona-Effekt) von drahtförmigen Elektroden (Ionisator), die unter 10 bis 80 kV Gleichspannung stehen.

Eine gleich bleibend wirksame Abscheidung ist nur bei regelmäßiger Reinigung der Kollektorflächen und Elektroden gewährleistet, da Ablagerungen durch Schwächung des elektrostatischen Feldes den Abscheidegrad kontinuierlich verschlechtern. Nach der Art der zu reinigenden Gase können Nass- und Trockenelektrofilter mit Abreinigung durch einen herabrieselnden Wasserfilm oder Trockenelektrofilter mit periodischer Abreinigung mittels Rüttleinrichtung unterschieden werden (siehe Tabelle 2).

Unter günstigen Bedingungen können Abscheidegrade von maximal 90 bis 98 % erreicht werden. Vorteilhaft sind der nahezu vernachlässigbar geringe Druckverlust (typisch unter 400 Pa einschließlich erforderlichem Grobvorfilter) und die grundsätzliche Eignung für nasse und trockene Rohgase.

Elektrofilter für große Volumenströme sind besonders verbreitet in der Heißgasstaub- und Rauchgasreinigung für Verbrennungsanlagen, jedoch mit abnehmender Tendenz zugunsten Filternder Abscheider. Kleine bis mittlere Anlagen sind in der Metall verarbeitenden Industrie zur Schweißrauch- und Ölnebelabscheidung verbreitet. Diese haben aus Kostengründen

meist keine Abreinigungseinrichtung, erfordern deshalb kurze Wartungszyklen und wegen der schwankenden Abscheideleistung bei Reinluftrückführung im Regelfall einen Nachfilter. Insbesondere bei der Abscheidung von Kühlschmierstoffen ist zu beachten, dass lediglich der Aerosolanteil, jedoch keineswegs der Dampfanteil abgeschieden werden kann.

Ungeeignet sind Elektrofilter bei hohen Partikelkonzentrationen, sehr hohem spezifischen Widerstand des Staubes sowie beim Vorkommen von brennbaren Stäuben und Gasen.

### Nassabscheider

In Nassabscheidern werden Staubpartikel durch eine Flüssigkeit – in der Regel Wasser – aufgenommen, die in der Abscheidezone als Tröpfchenschleier oder als Film vorliegt. Für eine gute Abscheidung ist ein hoher Auftreffgrad anzustreben, so dass in der Regel ein hoher Abscheidegrad bei einer gegebenen Staubart nur bei hohem Druckverlust erreichbar ist (siehe Tabelle 2).

Niederdruck-Nassentstauber (z.B. Wirbelwäscher) arbeiten mit Druckverlusten bis etwa 3000 Pa, können jedoch nur geringe Anforderungen an den Abscheidegrad, z.B. zwischen 60 und maximal 90 %, erfüllen.

Dagegen lassen sich mit Hochdruck-Nassentstaubern auch Abscheidegrade über 90 % erzielen, die aber mit Druckverlusten bis zu 20000 Pa, z.B. Venturi-Nassabscheider, erkauft werden müssen.

Als typische Nachteile von Nassabscheidern gelten neben den hohen Energiekosten der Wasserverbrauch, die Kosten für Aufbereitung der verbrauchten Waschflüssigkeit bzw. Schlamm Entsorgung und der Verschleiß schlammberührter Bauteile. Vorteilhaft sind die Unempfindlichkeit gegenüber nassen Rohgasen und Stäuben, der sehr gute Brand- und Explosionsschutz und die grundsätzliche Möglichkeit, die Staubabscheidung mit einer gleichzeitigen Schadgasabsorption zu verbinden.

Nassabscheider werden eingesetzt

- für gesättigte oder nasse Rohgase, z.B. Nassaufbereitung, Dampfstrahlmühlen,
- bei gleichzeitiger Staub- und Gasabscheidung, z.B. Flugasche und SO<sub>2</sub> in Rauchgasen,
- bei Farbnebel-, Sprühnebel-, Öl- und Emulsionsnebelabscheidung,
- bei explosiven Stäuben, z.B. Aluminiumschleifstaub, die bei Trockenabscheidung aufwändige Explosionsschutzmaßnahmen erfordern würden.

Bezeichnung	Massenkraftabscheider		Elektrische Abscheider	Nasskraftabscheider	Nasswäscher	Venturiwäscher
	Schwerkraft/Unlenk-Abscheider	Fliehkraft-Abscheider (Zyklon)				
Bauformen						
Systembild (Beispiele)						
Wirkungsweise	Abscheidung von festen oder flüssigen Partikeln		Anladung von festen oder flüssigen Partikeln in einem elektrischen Feld und Abscheidung auf Niederschlags Elektroden. Abscheidungsgrad stark abhängig von speziellem Staubwiderstand, Partikelkonzentration und Geschwindigkeit. Abreinigung der Niederschlagsplatten durch:			
Einsatzgebiete Bemerkungen	durch Schwerkraft und Trägheitskräfte	durch Fliehkraft aus einer rotierenden Strömung	Abspülung mit herabrieselndem Wasserfilm		Bildung eines homogenen Tropfenschleiers durch Einspeisung in eine Venturiröhre	
	Abscheidungsgrad vor allem abhängig von der Partikelmasse und -geschwindigkeit		Klopf- oder Rüttleinrichtungen bei Großfiltern oder im ausgebauten Zustand bei kleinen Baueinheiten		Anschliffende Abscheidung der Tropfen durch Massenkraftabscheider	
	In allen Industriebereichen für grobe Partikel, bei geringen Anforderungen an den Abscheidungsgrad als Vorabscheider oder Funkenfänger für nachgeschaltete feilmembran Abscheider		In nahezu allen Industriebereichen, Zement-, Stahl- und chemische Industrie, Rauchgasentstäubung, Feuerungsanlagen, Ölnebel- und Schweißrauchabscheidung in der Metallindustrie		Vorzugsweise in der Chemie- und Metallindustrie für feuchte Abluftströme, explosive Staub-Luftgemische, klebrige und stark hygroskopische Stäube	
Volumenstrom	500 bis 100.000 m <sup>3</sup> /h		Trenngrenze 1 bis 3 µm Trenngrenze 0,1 µm			
Druckverluste	300 – 600 Pa	500 – 1.500 Pa	200 – 500 Pa	400 – 800 Pa	1.500 – 3.000 Pa	800 bis 50.000 m <sup>3</sup> /h 3.000 – 20.000 Pa
Reinigungskonzentration	nicht beschränkt		nicht beschränkt			
Reinigungskonzentration	50 – 500 mg/m <sup>3</sup>		20 – 200 mg/m <sup>3</sup>			
Abscheidungsgrad	50 – 90 %		80 – 90 % 3 – 50 mg/m <sup>3</sup> 90 – 95 %			
Vorteile	Einfach, robust, kostengünstig, geringer Druckverlust, unempfindlich gegen Druck und Temperatur (bis 1000 °C)		Umweltfreundlich gegen Feuchtigkeit, sehr guter Brand- und Explosionsschutz, gleichzeitige Gaskühlung oder Schweißgasabsorption möglich			
Nachteile	Geringe Abscheideleistung, für Feinstäube ungeeignet		Wasser-/Schlammabfuhrung bzw. -entsorgung erforderlich, hohe Energiekosten			
			Hoher Reinigungsaufwand bei kleinen Baueinheiten			
			Wasser-/Schlammabfuhrung bzw. -entsorgung erforderlich			
			Geringe Abscheideleistung für Feinstäube			
			Hohe Abscheideleistung nur bei sehr hohem Druckverlust			

**Tabelle 2:** Bauarten und typische Kenndaten von Massenkraftabscheidern, elektrischen und nassarbeitenden Abscheidern

## **Anhang 4**

### **Weitergehende Informationen zu Wärmerückgewinnungsanlagen**

Hohe Heizkosten entstehen, wenn bei einer Lüftungs- oder Absauganlage die Abluft nach außen geführt und damit auch Heizwärme aus dem Raum entfernt wird. Auf Grund gesetzlicher Bestimmungen (siehe § 1 und § 3 Abs. 1 der Energieeinsparverordnung) sind die Wärmeverluste eines Gebäudes, in dem sich seine Betriebsstätte befindet, zu begrenzen. Dazu zählt auch, dass die in der Abluft (Raumabluft, Erfassungsluft) enthaltene Wärme wieder genutzt und gegebenenfalls überschüssige Wärme an Dritte abgegeben werden sollte.

Neben dem Vorteil, Energie einzusparen, verursachen die Systeme jedoch zusätzliche Investitionskosten, so dass Wirtschaftlichkeitsrechnungen sinnvoll sind.

Die Wärmenutzung kann durch zwei Verfahren erreicht werden. Zum einen kann gereinigte Luft wieder in den Raum zurückgeführt werden. Geschieht dies mit der an der Emissionsstelle erfassten Luft, wird dies als Reinlufrückführung bezeichnet. Bei gereinigter Raumabluft, die zurückgeführt wird, spricht man von Umluft.

Zum anderen kann mit Hilfe von Wärmetauschern (Wärmerückgewinnern) die Wärme der Abluft in einer Lüftungsanlage zurückgewonnen werden. Dieses Verfahren wird eingesetzt, wenn die Abluft nicht wieder in den Bereich zurückgeführt werden soll oder kann, z.B. ungenügende Reinigung der Abluft. Die Abluft wird nach außen abgeführt und gleichzeitig die Wärme zurückgewonnen.

Während beim Einsatz von Wärmetauschern auf Grund von Übertragungsverlusten nur ein Teil der Wärme zurückgewonnen werden kann, wird bei der Reinlufrückführung und der Umluft die in der Luft enthaltene Wärme nahezu vollständig wieder genutzt.

### **Reinlufrückführung**

Die effektivste Methode der Wärmenutzung ist die Reinlufrückführung. Sie darf allerdings nicht beim Vorkommen von Krebs erzeugenden Gefahrstoffen eingesetzt werden. In Ausnahmefällen, die in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe „Luftrückführung beim Umgang mit Krebs erzeugenden Gefahrstoffen“ (TRGS 560) beschrieben sind, ist eine Reinlufrückführung dennoch zulässig.

## BGI 5121

Nach der Reinigung der Erfassungsluft in Abscheidern wird die Reinluft insgesamt oder teilweise in den Arbeitsraum zurückgeführt. Dadurch wird trotz der Abscheidung immer ein Teil der in der Erfassungsluft enthaltenen Stoffe wieder in den Raum zurückgeführt. Zur Vermeidung der Erhöhung der Gefahrstoffkonzentrationen am Arbeitsplatz muss dieser Anteil jedoch deutlich unterhalb der Grenzwerte für Arbeitsplatzkonzentrationen liegen.

Abscheider für Anlagen mit Reinfluftrückführung müssen daher dauerhaft einen hohen Abscheidegrad gewährleisten. Störungen, wie Undichtigkeiten, Verschleiß, dürfen nicht auftreten bzw. müssen durch regelmäßige Instandhaltung ausgeschlossen werden (siehe hierzu Abschnitt 6 und BGIA-Handbuch, Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt Nr. 130 220).

### Wärmetauscher

Die Wärmetauscher können nach ihrem prinzipiellen Aufbau und ihrer Wirkungsweise in drei Typen eingeteilt werden.

#### – Trennflächen- / Plattenwärmetauscher (Rekuperatoren)

Der Wärmeaustausch erfolgt über Trennflächen. Die Abluft und Zuluft werden entlang gemeinsamer Trennflächen geführt; die Wärme der Abluft wird durch Wärmeleitung durch die Trennwand übertragen. Die Verschleppung von Stoffen aus der Abluft in die Zuluft ist, sofern die Platten dauerhaft abgedichtet sind, ausgeschlossen.

#### – Verbundsysteme (Kreislauf- / Wärmerohr-Wärmetauscher)

Der Wärmeaustausch erfolgt mit Hilfe eines Wärmeübertragungsmediums, das zwischen zwei Wärmetauschern zirkuliert. Durch die Trennung der beiden Wärmeübertragungsschritte sind baulich größere Gestaltungsspielräume möglich. Auch hier ist die Verschleppung von Stoffen ausgeschlossen.

### Rotationswärmetauscher (Regeneratoren)

Der Wärmeaustausch erfolgt über einen sich drehenden Wärmespeicher (Rotor), der in getrennten Halbräumen durch Ab- und Zuluft durchströmt wird. Bei diesem System kann es zur Verschleppung von Stoffen von der Abluft in die Zuluft kommen. Eine der wichtigsten Maßnahmen zur Vermeidung der Stoffübertragung ist die Anordnung der Ventilatoren für die Ab- und die Zuluft. Es muss ein Druckgefälle von der Zuluftseite zur Abluftseite hin eingestellt werden. Somit können Überströmverluste an den Dichtstellen

nur von der Zuluft zur Abluft hin entstehen. In der Praxis wird dies realisiert, indem der Zuluftventilator in Strömungsrichtung vor und der Abluftventilator hinter dem Wärmetauscher angeordnet wird. Weitere Maßnahmen zur Vermeidung von Stoffübertragungen sind dichte und verschleißfeste Abdichtungen sowie der Einbau von Spülkammern.

Welches dieser Systeme für den jeweiligen Anwendungsfall geeignet ist, muss im Einzelfall entschieden werden. Ausführlichere Hinweise hierzu sind in der VDI 2262 Blatt 3 enthalten.

Wichtige Unterscheidungsmerkmale hinsichtlich der Auswahl solcher Wärmerückgewinnungssysteme können neben konstruktiven und anlagentechnischen Vorgaben, z.B. Platzbedarf, Einsatzbereiche, Temperaturen, insbesondere

- mögliche Übertragungen von Feuchte oder Gefahrstoffen von der Abluft an die Zuluft  
und
  - Rückwärmezahlen
- sein.

# BGI 5121

## Anhang 5: Beispiel einer Betriebsanweisung

Betriebsanweisung	
Firma Namen der Firma hier einsetzen	Nummer: xx
1. Anwendungsbereich	
Instandhaltung und Reinigung der mobilen Absauganlage mit Absaugarm Typ 4711; Nr. 4713 für partikelförmige krebserzeugende Gefahrstoffe.	
2. Gefahren für Mensch und Umwelt	
Beim Öffnen der Anlagenteile kann der abgesaugte Gefahrstoff die Atemluft verunreinigen. Brand- und Explosionsgefahr.	
3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln	
Die Anlage ist vom elektrischen Netz zu trennen. Den Staubsammeltopf öffnen, den Staubbeutel mittels Fixbinder verschließen. Beim Reinigen von Erfassungselement und Rohrleitung Atemschutz P 3 Maske benutzen. Anlagenteile mit Waschflüssigkeit – nicht Druckluft – reinigen. Beim Filterwechsel Druckluftnetz absperren und entlüften. Beim Ausbau der Filter ist eine P 3 Maske zu benutzen. Körperschutz konkret (ggf. Ganzkörperschutz).	
4. Verhalten bei Störungen und im Gefahrfall	Notruf: 12 34 56 78
Gerät vom Netz trennen und Vorgesetzten informieren.	
5. Verhalten bei Unfällen – Erste Hilfe	Notruf: 12 34 56 78
Verletzte bergen und aus dem Gefahrenbereich bringen. Bei Atemnot oder Übelkeit für Frischluft sorgen und Ersthelfer informieren.	
6. Instandhaltung, Entsorgung	
Den verschlossenen Staubbeutel als Sondermüll über Abfallbeauftragten entsorgen.	
Datum: xx.xx.200	Unterschrift

Anhang 6

Beispiel einer Checkliste „Instandhaltung, Wartung und Prüfung von Absauganlagen“

Diese Checkliste enthält die wichtigsten zu prüfenden Punkte. Im Einzelfall müssen gegebenenfalls zusätzliche anlagenspezifische Aspekte aufgenommen werden.

Hersteller: ..... Typ: .....		in	
		Ordnung	
Volumenstrom	= ..... m <sup>3</sup> /h	ja	nein
Filter	= Patronenfilter/Schlauchfilter		
Filterfläche	= ..... m <sup>2</sup>		
Filterwiderstand	= ..... pa		
Differenzdruck	= ..... pa		
<b>Tätigkeiten:</b>			
<b>Rohrleitungen:</b> Erfassungseinrichtungen, z.B. Prallbleche oder Gehäusewände, Schieber, Klappen, Abzweigungen, Vorabscheider, auf Dichtheit, Ablagerungen, Korrosion, Verschleiß, Befestigungen und Funktion prüfen			
<b>Abscheider:</b> Gehäuse und Revisionsöffnungen auf Dichtheit, Ablagerungen, Korrosion, Befestigung, Verschleiß prüfen			
<b>Dichtungen:</b> der Filterelemente, der Revisionsöffnungen, Rohrverbindungen auf Verschmutzung und Beschädigung prüfen			
<b>Filterelemente:</b> auf Verschmutzung, Beschädigung, Dichtheit prüfen			
<b>Prüfung der Abreinigungseinrichtung:</b> mechanische Rüttleinrichtung pneumatische Reinigungseinrichtung, z.B. Steuerung oder Druckluftventile			
<b>Staubsammelbehälter:</b> Füllstand im Behälter, Spannvorrichtung auf Dichtheit, Beschädigungen prüfen			
<b>Ventilator:</b> Gehäuse, Laufrad und Motor mit Keilriemen auf Verschmutzung, Verschleiß und Laufruhe prüfen			
<b>Steuer-/ Regelung:</b> Funktion und Einstellwerte Differenzdruckmesser, Füllstandswächter, Strömungsüberwachung oder dergleichen prüfen			
<b>Schaltschrank:</b> Türdichtungen, auf mechanische Beschädigungen, Kontrolllampen und Verriegelungen prüfen			
<b>Messungen:</b>			
			Messwert
Luftgeschwindigkeiten an der Emissionsquelle			m/s
Rohrdurchmesser			m
Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrleitung			m/s
Temperatur in der Rohrleitung			° C
Filterwiderstand (Differenzdruck)			pa
<b>Bemerkungen, Einstellwerte, Maßnahmen:</b>			
<b>Datum:</b>	<b>Befähigte Person/Prüfer:</b>	<b>Unterschrift:</b>	

# BGI 5121

## Kopiervorlage Checkliste:

### Erste Stufe: Ist Aufnahme

Nr.		Hinweise, Praxistipps
1.1	Größe des betroffenen Raumes/Hallenbereiches	<b>Praxistipp:</b> Je größer der betroffene Hallenbereich ist, desto aufwändiger und teurer wird die lufttechnische Anlage.
1.2	Lage zur Hauptwindrichtung Besonderheiten der Lage	<b>Hinweis:</b> Die Windrichtung hat Einfluss auf eine natürliche Lüftung. Bei der Lage sind besondere geographische Gegebenheiten, z.B. Muldenlagen, die Nachbarbebauungen und unter anderem stark befahrene Straßen und -kreuzungen von Interesse.
1.3	Anzahl und Lage von Türen, Toren, Fenstern	<b>Hinweis:</b> Geöffnete Türen/Tore in Windrichtung oder gegenüber beeinflussen die lufttechnische Anlage erheblich.
1.4	typische (Luft-)Temperatur	<b>Hinweis:</b> Besondere Raumtemperaturen können zu besonderen Anforderungen der lufttechnischen Anlage führen. Im Bereich von 10 bis 40 °C gibt es in der Regel keine besonderen Anforderungen.
1.5	Luftfeuchte und deren Besonderheiten	<b>Hinweis:</b> Treten durch die Arbeiten besonders hohe oder besonders niedrige Luftfeuchten auf?
1.6	Luftgeschwindigkeit/Zugluft	<b>Hinweis:</b> Zur Belüftung ist eine gewisse Luftgeschwindigkeit notwendig. Ist diese zu hoch oder auf bestimmte Körperpartien konzentriert, kann es zu Zugscheinungen kommen.
1.7	Thermikströmungen durch Wärme	<b>Hinweis:</b> Alle warmen Oberflächen erzeugen Thermikströmungen. Dies kann schon an Oberflächen mit 30 °C Oberflächentemperatur auftreten und verstärkt sich, je größer und heißer die Oberfläche ist.

<b>Handlungsbedarf (was)</b>	<b>Termin</b>	<b>verantwortlich</b>

# BGI 5121

Nr.		Hinweise, Praxistipps
1.8	Vorhandene lufttechnische Anlage(n)	<b>Hinweis:</b> Sofern eine lufttechnische Anlage vorhanden ist, können gegebenenfalls Bauelemente weiterverwendet werden. Auch sind weitere Parameter für die Erweiterung der Anlage von Interesse, wie Luftleistungen, Zuluftmenge, Abluftmenge, Luftführung oder dergleichen.
1.9	Grund für die Errichtung/Erweiterung einer lufttechnischen Anlage	<b>Hinweis:</b> Es gibt verschiedene Gründe, z.B. ein Gefahrstoffproblem, die Erhöhung der Produktqualität oder den Schutz von Produktionsanlagen.
1.10	Technische/betriebliche Möglichkeiten	<b>Hinweis:</b> Es geht hier um den Investitionsrahmen und die laufenden Kosten (Betrieb, Wartung, Instandhaltung), die eine lufttechnische Anlage erzeugt. Diese sind vom Planer möglichst exakt abzuschätzen.
1.11	Liste der freigesetzten Stoffe und deren Eigenschaften	<b>Hinweis:</b> Handelt es sich um partikelförmige Stoffe (Stäube, Rauche, Aerosole) oder Gase? Sind diese Stoffe Gefahrstoffe, und gibt es eventuelle Brand- und Explosions-Gefahren? Sind die Stoffe luftgetragen (Rauche, Gase) oder werden sie von einem Thermikstrom transportiert?
1.12	Quellen für diese Stoffe	<b>Hinweis:</b> Es gibt verschiedene Quellen, unter anderem Maschinen, Arbeitsverfahren, diffuse Quellen.
1.13	Bereits eingesetzte Maßnahmen zur Vermeidung/Verminderung der Stoffe	<b>Hinweis:</b> Maßnahmen, die bereits eingesetzt werden, reichen nicht aus. Daher ist zu überlegen, an welchen Punkten weitere Maßnahmen sinnvoll sind.
1.14	Weitere Möglichkeiten der Vermeidung/Verminderung	<b>Hinweis:</b> Die beste Möglichkeit zur Vermeidung ist der Ersatz der Stoffe oder eine Änderung im Arbeitsverfahren. Sofern dies nicht möglich ist oder ausreicht, können mit Hilfe von direkter Erfassung oder Kapselung von Maschinen ebenfalls Verbesserungen erzielt werden.

<b>Handlungsbedarf (was)</b>	<b>Termin</b>	<b>verantwortlich</b>

# BGI 5121

Randbedingungen für die Erweiterung bzw. die Errichtung einer lufttechnischen Anlage bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

## Zweite Stufe: Randbedingungen

Nr.		Hinweise, Praxistipps
2.1	Direkte Erfassung der Stoffe oder Raumlüftung	<b>Hinweis:</b> Direkte Erfassung ist in der Regel effektiver, da die Stoffe an der Entstehungsstelle erfasst und abgeführt werden. Dies bedeutet meist auch geringere Investitionen und Betriebskosten.
2.2	Erfassungseinrichtungen bei direkter Erfassung	<b>Hinweis:</b> Wo möglich, sind geschlossene Erfassungseinrichtungen (Kapselung) einzusetzen. Falls nicht möglich, halboffene oder offene Erfassungseinrichtungen.
2.3	Notwendiger Absaugvolumenstrom	<b>Hinweis:</b> Der Absaugvolumenstrom ist anhand der Erfassungselemente und der Ausbreitung der Stoffe vom Planer festzulegen.
2.4	Reinigung der abgesaugten Luft, Ablufführung	<b>Hinweis:</b> Die Reinigung der abgesaugten Luft kann zentral oder dezentral (Gruppen-, Einzelabscheider) erfolgen. Die gereinigte Luft kann in den Raum zurückgeführt (Reinlufrückführung) oder aus der Halle fortgeführt werden. Bei der Reinlufrückführung sind bei krebserzeugenden Stoffen die Technischen Regeln für Gefahrstoffe „Lufrückführung beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ (TRGS 560) zu beachten. Bei der Fortführung ist die TA Luft immer zu beachten.
2.5	Aufstellort	<b>Hinweis:</b> Die Aufstellung kann außen, in einem separaten Raum oder in der Halle erfolgen.
2.6	Maximale Konzentration in der Reinluft	<b>Praxistipp:</b> Die Leistungsfähigkeit ist vom Hersteller schriftlich zu bestätigen.

<b>Handlungsbedarf (was)</b>	<b>Termin</b>	<b>verantwortlich</b>

## BGI 5121

Nr.		Hinweise, Praxistipps
2.7	Abscheidertyp	<p><b>Hinweis:</b> Je nach Stoff und Menge können verschiedene Abscheider eingesetzt werden. So gibt es Partikelabscheider (Filternder Abscheider, Nass-, Elektroabscheider) und Gasabscheider. Auch das Abreinigungssystem und der Staubaustrag sind von Interesse. Hier kann eine sachverständige Hilfestellung, z.B. Ihrer Berufsgenossenschaft, bei der Auswahl weiterhelfen.</p> <p><b>Praxistipp:</b> Referenzen einholen und gegebenenfalls besichtigen</p>
2.8	Luftleitungen	<p><b>Hinweis:</b> Je nach Stoff sind die Bauart, die verwendeten Werkstoffe, die Druckverluste sowie die strömungsgünstige Verlegung und Wartungsöffnungen zu berücksichtigen.</p>
2.9	Druckverluste im System, Ventilatoren	<p><b>Hinweis:</b> Es sind vom Planer die Gesamtdruckdifferenzen von Leitungen und Abscheider zu ermitteln. Danach sind geeignete Ventilatoren auszuwählen: Niederdruck-(Axial)-, Mitteldruck- (Radial)-ventilator oder Hochvakuumherzeuger, je nach Anforderung.</p>
2.10	Volumenstrom beim tatsächlichen Anlagendruckverlust	<p><b>Hinweis:</b> Es sind der Leistungsbedarf bzw. die Motorleistung zu ermitteln. Wie hoch ist der Schallpegel und welcher Wartungsbedarf liegt vor bei Einsatz eines Direkt- oder Riemenantriebes?</p> <p><b>Praxistipp:</b> Diese Daten können der Ventilatorcharakteristik von Fachleuten entnommen werden. Hierzu kann Ihre Berufsgenossenschaft Hilfestellung geben.</p>
2.11	Raumlüftung zum Ersatz der abgesaugten Luft oder zusätzlich erforderlich	<p><b>Hinweis:</b> Sofern Luft abgesaugt wird, muss frische Luft nachströmen. Soll dies durch Fenster- und Türenlüftung erfolgen, ist dies zu jeder Zeit zu gewährleisten, auch bei Regen oder im Winter.</p>

<b>Handlungsbedarf (was)</b>	<b>Termin</b>	<b>verantwortlich</b>

# BGI 5121

Nr.		Hinweise, Praxistipps
2.12	Lufführung	<b>Hinweis:</b> Es gibt zwei Prinzipien der Raumlüftung, die als Mischlüftung und Schichtenströmung bezeichnet werden. Beide werden im Abschnitt 4 dieser BG-Information kurz beschrieben.
2.13	Wärmerückgewinnung	<b>Hinweis:</b> Aus Gründen der Energieeinsparung ist die Wärmerückgewinnung zu prüfen. Weitere Informationen siehe Abschnitt 5.5 und Anhang 4.
2.14	Technische Dokumentation	<b>Hinweis:</b> Zur Dokumentation gehören Betriebsanleitung (mit bestimmungsgemäßer Verwendung), Wartungsanleitung (mit Wartungsplan) und Sicherheitshinweise. Auch eine Konformitätserklärung (CE) sowie die Schulung für Wartung und Betrieb sind hier zu nennen.
2.15	Abnahmeprüfung	<b>Hinweis:</b> Bei der Abnahme ist die Vollständigkeit zu überprüfen, es ist eine Funktionsprüfung mit Messung der Volumenströme durchzuführen. Zu einer Abnahmeprüfung gehören auch die Messung der Arbeitsplatzkonzentration sowie die Messung der Emissionswerte.
2.16	Auftragsvergabe	<b>Hinweis:</b> Vertragsbestandteil sollte sein: Einhaltung der einschlägigen Anforderungen für Sicherheit und Gesundheitsschutz, Festlegung der Sollwerte der Anlage, Abnahmeprüfung in Anlehnung an DIN EN 12599.

## BGI 5121

Handlungsbedarf (was)	Termin	verantwortlich