



TBH[®]

ABSAUG / FILTER / UMWELTSCHUTZ // TECHNOLOGIE



PEWA
Messtechnik GmbH

Weidenweg 21
58239 Schwerte

Tel.: 02304-96109-0
Fax: 02304-96109-88
E-Mail: info@pewa.de
Homepage : www.pewa.de

EXTRACTION / FILTER / POLLUTION CONTROL // TECHNOLOGY



INHALT

Vom Schwarzwald in die ganze Welt	2
Qualität als Maßstab	4
TBH Serviceleistungen	5
Einsatzbereiche	6
Applikationen	7
Flexibilität durch Modularität	8
TBH Reinraum-Technologie	14
Leistungsfähige Elektronik	16
Wissenswertes	20

Sehr geehrter Interessent und TBH-Kunde, mit der vorliegenden neuen TBH-Firmenpräsentation möchten wir Ihnen nicht nur die TBH GmbH und ihr Leistungsspektrum vorstellen, sondern Ihnen mit der Rubrik „WISSENSWERTES“ auch die Absaug- und Filtertechnik etwas näher bringen.

Wir hoffen, Ihnen hiermit ein kleines Nachschlagewerk zu übergeben, das Ihnen bei der Gestaltung von schadstoffarmen Arbeitsplätzen hilfreich zur Seite stehen wird.

Das TBH-TEAM und unsere jeweiligen Partner in den einzelnen Ländern beraten Sie gerne – zum **3FACH SCHUTZ** für **MENSCH, UMWELT und MASCHINE**.

Wir freuen uns auf den Kontakt mit Ihnen.

Ihre TBH GmbH



Udo Hartmann
Geschäftsführer



ÜBER UNS

Vom Schwarzwald in die ganze Welt

Die TBH GmbH ist ein unabhängiges, inhabergeführtes Unternehmen mit Sitz in Straubenhardt/ Baden-Württemberg. Durch die Qualität und Zuverlässigkeit unserer Produkte zählen wir heute zu den führenden Anbietern der Absaug- und Filtertechnik für industrielle und medizinische Anwendungen. In über 80 Ländern der Erde finden Sie heute TBH-Produkte, die unserer Philosophie entsprechend den internationalen und lokalen Qualitätsstandards gerecht werden.

Der Kunde steht bei uns im Mittelpunkt unseres Handelns. Weltoffen, ehrgeizig und zuverlässig möchten wir Sie als TBH-TEAM in der Schaffung von schadstofffreien Arbeitsplätzen unterstützen.

Unsere kompetenten Mitarbeiter, die leistungsfähigen TBH-Seriensysteme und das Fachwissen aus einer Vielzahl von kundenspezifischen Lösungen stehen Ihnen für Ihren Anwendungsfall zur Verfügung.



Das TBH-TEAM und unsere jeweiligen Partner in den einzelnen Ländern freuen sich auf Ihre Herausforderungen.



Firmengebäude der TBH GmbH in Straubenhardt

QUALITÄT

Qualität als Maßstab

TBH Absaug- und Filteranlagen erfüllen selbstverständlich alle entsprechenden EG-Richtlinien und Normen. Darüber hinaus orientieren wir uns als international agierendes Unternehmen sehr stark an der Zertifizierung unserer Produkte auch nach weltweit gültigen Vorschriften und Standards. Bestätigt wird dies durch eine Reihe von unabhängigen Prüfinstituten.

- Geprüfte medizintechnische Geräte der Klasse IIa
- Anlagen mit ETL (UL/CSA) Zulassung
- CR-Serie - geprüft und klassifiziert nach den entsprechenden ISO Reinraumklassen

Technologische und gesellschaftliche Entwicklungen sowie anspruchsvolle Kundenanforderungen stellen immer neue Herausforderungen, deren Bewältigung die TBH GmbH ihr stetiges Wachstum verdankt. Durch zertifizierte interne Prozesse finden wir für Ihre Anforderung schnell und effizient die optimale Lösung.

Geprüftes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001:2008



SERVICE

TBH Serviceleistungen

Das TBH-Servicekonzept umfasst ein breites Spektrum an Leistungen, das Ihnen auch unsere Vertriebspartner in Europa, USA und Asien vor Ort zur Verfügung stellen.

Vor dem Kauf einer TBH Absaug- und Filteranlage können Sie folgende Serviceleistungen in Anspruch nehmen:

- Erfassung Ihrer Prozess- und Anwendungsbedingungen
- Konfiguration der entsprechenden Absaug- und Filtergeräte
- Erstellung von Anlageprojekten und Systemlösungen - Ermittlung der Schadstoffbedingungen und Entwicklung von Sonderkonzepten
- Umfassende Beratung und Schulung des Personals vor Ort
- Bereitstellung von Test- oder Erprobungsanlagen

Auch nach dem Kauf sind wir gerne für Sie da.

Der TBH-Kundenservice umfasst folgende Bereiche:

- Kurzfristige Lieferung von Ersatzfiltern ab Lager, garantiert über die Einsatzdauer Ihrer Anlagen
- Garantielaufzeit 24 Monate oder maximale Betriebsstundenzahl
- Regelmäßige Informationen über neue Entwicklungen und Filtertechnologien
- Einladungen zu Messen und Technologietagen

Auf Wunsch bieten wir Ihnen:

- Aufstellung, Anschluss, Inbetriebnahme Ihres Absauggerätes einschließlich der Unterweisung des Personals
- Wartungsverträge für Ihre Anlagen
- 24-Stunden-Reparaturservice
- Ersatzgerät für die Zeit der Instandsetzung
- Reparatur- und Ersatzteilservice, auch vor Ort
- Anpassung Ihrer Geräte an wechselnde Einsatzfälle durch Austausch von Absaug- und Filtermodulen



LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Einsatzbereiche

TBH stellt energie- und wartungseffiziente Gesamtkonzepte für jeden Anwendungsfall zur Verfügung, vom kostengünstigen Kleingerät bis hin zu leistungsstarken zentralen Absauglösungen. Deshalb kommen TBH Absaug- und Filtersysteme in den unterschiedlichsten Bereichen der Industrie zum Einsatz.

- Elektronik
- Kunststoffbearbeitung
- Metallbearbeitung
- Laserbearbeitung
- Präzisionsmechanik
- Druck- und Papierindustrie
- Verpackungsindustrie
- Restauration
- Medizin
- Pharmazie
- Laborbereiche
- Reinraumbereiche

Für besondere Anforderungen entwerfen und realisieren wir kundenspezifische Lösungen für eine optimale Eingliederung des Filtersystems in bestehende Produktionsabläufe oder bei der Planung und Einrichtung neuer Fertigungsanlagen.

Regelmäßige Weiterentwicklungen, der Einsatz moderner Technologien und Anpassung an neueste Richtlinien und Anforderungen sorgen für zuverlässige Qualität der TBH Produkte.



Applikationen

Die breite TBH-Produktpalette hält Lösungen für die unterschiedlichsten Anwendungen bereit. Durch die modulare Bauweise mit mehreren, nacheinander geschalteten Filterstufen, sowie Funktionsmodulen sind TBH Absaug- und Filtersysteme optimal geeignet zur Erfassung von:

- Staub und Feinstaub
- Staub und Feinstaub in Reinräumen
- Laserstaub, Laserr Rauch
- Ölnebel und Ölemulsionsnebel
- Erodierdämpfe
- Lösemitteldämpfe
- Klebedämpfe
- Lötrauch
- Abbrandprodukte aus den Bereichen Medizin und Ästhetik

Referenzen

Zahlreiche Partner aus der Industrie verwenden unsere Produkte:

- EADS (Airbus)
- Lufthansa Technik AG
- BOSCH
- Forschungszentrum Karlsruhe
- Fraunhofer Institut
- Karlsruher Institut für Technologie
- SIEMENS
- Henkel
- GETRAG
- Daimler AG

TBH PRINZIP

Flexibilität durch Modularität

Das flexible und anpassungsfähige TBH-Gerätekonzept umfasst einerseits leistungsstarke, energieeffiziente Ventilatoren oder Turbinen sowie andererseits unterschiedlich ausgestattete Filterstufen. Durch die modulare Bauweise lassen sich nachträgliche Optimierungen und Anpassungen an geänderte Einsatzbedingungen einfach und schnell realisieren.

Ihre Vorteile:

- Einfacher und schneller Filterwechsel
- Kostengünstige und schnelle Aufrüstung und Anpassung
- Individuelle Optimierungsmöglichkeiten für den jeweiligen Anwendungsfall
- Unkomplizierter Austausch des Motormoduls im Servicefall
- Verschiedene Anschlussmöglichkeiten für Erfassungselemente



LN- / GL- Serie Sättigungsfiltersysteme

- | | | | |
|----|--------------------|----|------------------|
| 1) | TBH Multi-Cover | 4) | Partikelfilter |
| 2) | Taschenfilter | 5) | Aktivkohlefilter |
| 3) | Z-Linepanel Filter | 6) | Motormodul |



FPV- Serie

abreignbare Vorfiltersysteme

- | | |
|---------------------|---------------------|
| a) Precoatierpulver | 1) Motormodul |
| b) Staubpartikel | 2) Aktivkohlefilter |
| c) gereinigte Luft | 3) Partikelfilter |



FP Serie Kleingeräte

automatische Filterabreinigung

- | | |
|------------------|------------------|
| 4) Drucklufttank | 7) Ansaugstutzen |
| 5) Filterpatrone | 8) Vorfilter |
| 6) Staubbehälter | 9) Handkurbel |



FP Serie Großgeräte

automatische Filterabreinigung

Basisgerät

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1) Filterpatrone | 4) Aktivkohlefilter |
| 2) Staubbehälter | 5) Partikelfilter |
| 3) Motormodul | 6) Gabelstaplerfüße |



Weitere Aufbaumöglichkeiten:



Aufbau wie Basisgerät



TBH Reinraum-Technologie

Die TBH-CR Serie wurde speziell für die besonderen Anforderungen in Reinräumen und Reinraumbereichen entwickelt. Durch unterschiedliche Filterkonfigurationen in den verschiedenen Luftleistungsklassen sind CR-Geräte je nach Typ und Ausbaustufe für den Einsatz in Reinräumen der ISO-Klassen 3, 5, 7 oder 9 zertifiziert.

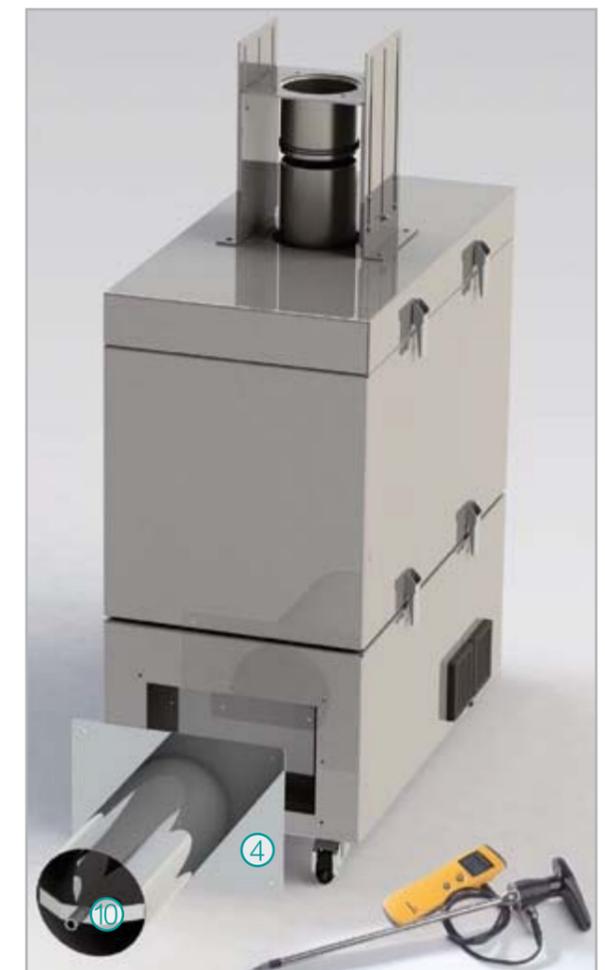
Ihre Vorteile:

- Reinraumgerechte Gestaltung der Anlage je nach ISO-Klasse
- Leichter, kontaminationsfreier Filterwechsel durch patentierte Technologie
- Unterschiedliche Möglichkeiten der Prozessqualifizierung der gesamten Anlage nach dem Filterwechsel
- Geprüft nach DIN ISO 14644-1 / EG GMP Leitfadens



- 1) Filtermodul mit Saugrohr und Schutzschlauch
- 2) Der abnehmbare Deckel erleichtert die Filterentnahme
- 3) Auswechselbarer Dichtungsrahmen
- 4) Optionales Qualifizierungsmodul zur Anbringung einer Messsonde
- 5) Optionaler Polzeifilter
- 6) Optionale Qualifizierungsanzüge unterhalb der Filterkassette
- 7) Motormodul
- 8) Filterdichtheitsprüfung durch Überdruckmessung
- 9) Partikelmesslanze unterhalb der Filter
- 10) Partikelmessung am Luft-Auslass

Kontaminationsfreier Abkopplungsvorgang

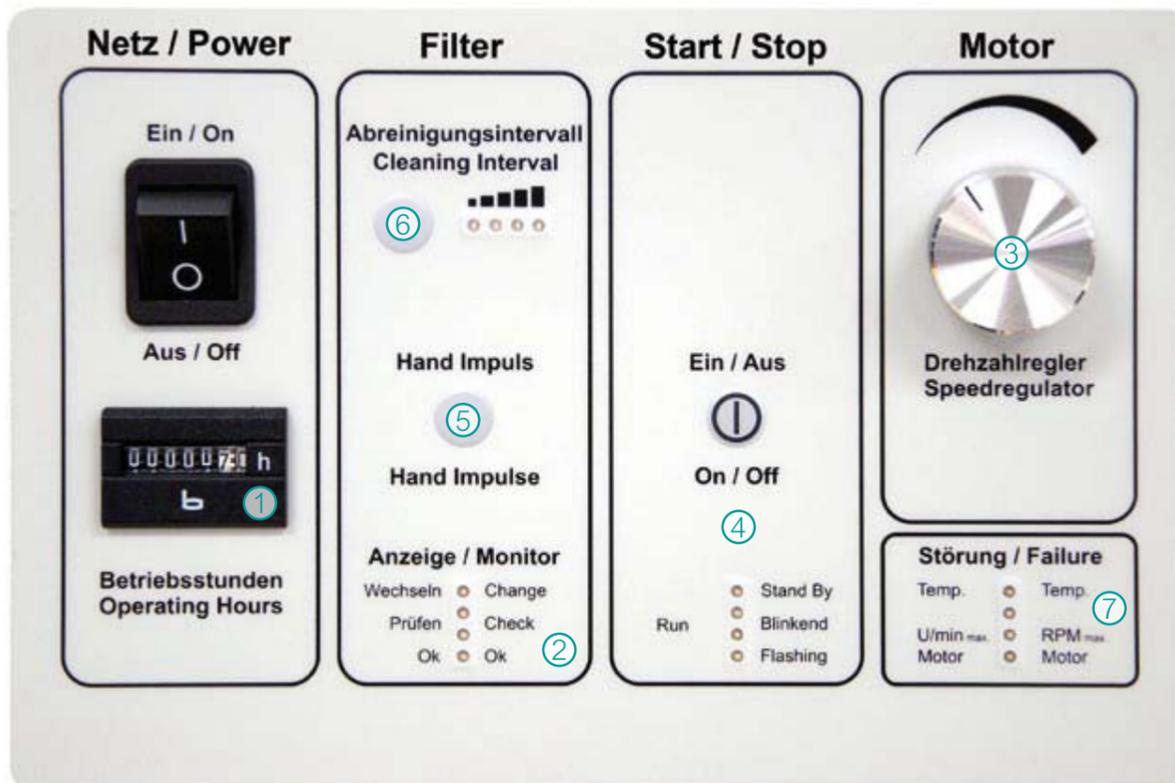


Leistungsfähige Elektronik

Serienmäßige Ausstattung der TBH Absauganlagen mit elektronischen Bedienelementen wie einer optischen Anzeige zum Betriebsstatus, Start/Stop-Funktion und Filtervollanzeige sorgen für hohe Betriebssicherheit.

Display-Anzeige und Bedienelemente:

- 1) Betriebsstundenzähler
- 2) Filtersättigungsanzeige
- 3) Manuelle Drehzahlregelung
- 4) Wechsel zwischen Run- und Stand-by-Betrieb
- 5) Manueller Impuls zur Filterpatronen-Abreinigung (FP130-150 Serie)
- 6) Manuelle Regelung des Abreinigungsintervalls (FP130-150 Serie)
- 7) Anzeige für Temperatur- und Turbinenfehler



Zur weiteren Erhöhung von Betriebssicherheit und Bedienkomfort bietet die verbesserte Sub- D25- Schnittstelle weitere intelligente Elektronikfunktionen.

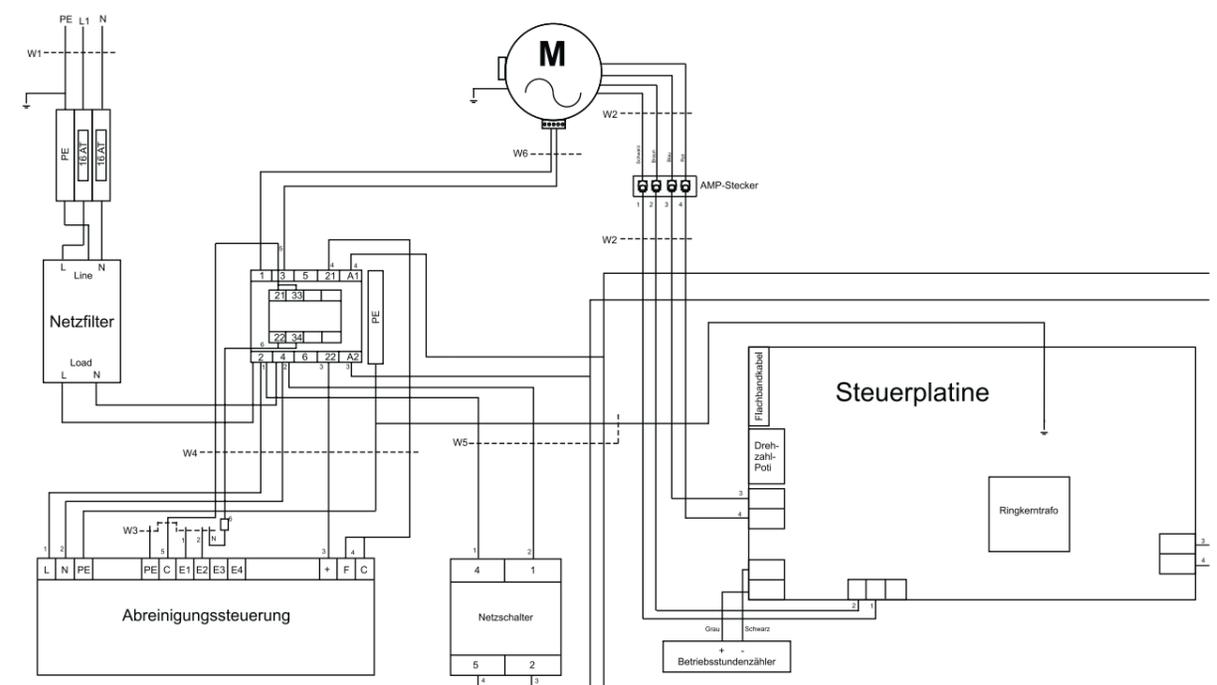
Standardausstattung

- Filter-voll-Signal
- Wechsel Run- / Stand-by-Betrieb
- Drehzahlregelung
- Abreinigungssteuerung
- Signale für Temperatur- und Drehzahlüberwachung sowie Sammelfehler

Optionale Ausstattung

- RS232-Schnittstelle zur Echtzeitdifferenzdrucküberwachung
- Automatische Nachregelung der Saugleistung bei Steigen der Filtersättigung Flow Control
- Unterdrückung der Abschaltfunktion bei Filtersättigung

Beispiel Block Diagramm





Upgrades und Zubehör

Unsere breite Zubehörpalette unterstützt Sie bei der optimalen Schadstofffassung mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Lösungen für Ihre individuellen Anforderungen.

Sprechen Sie uns an!

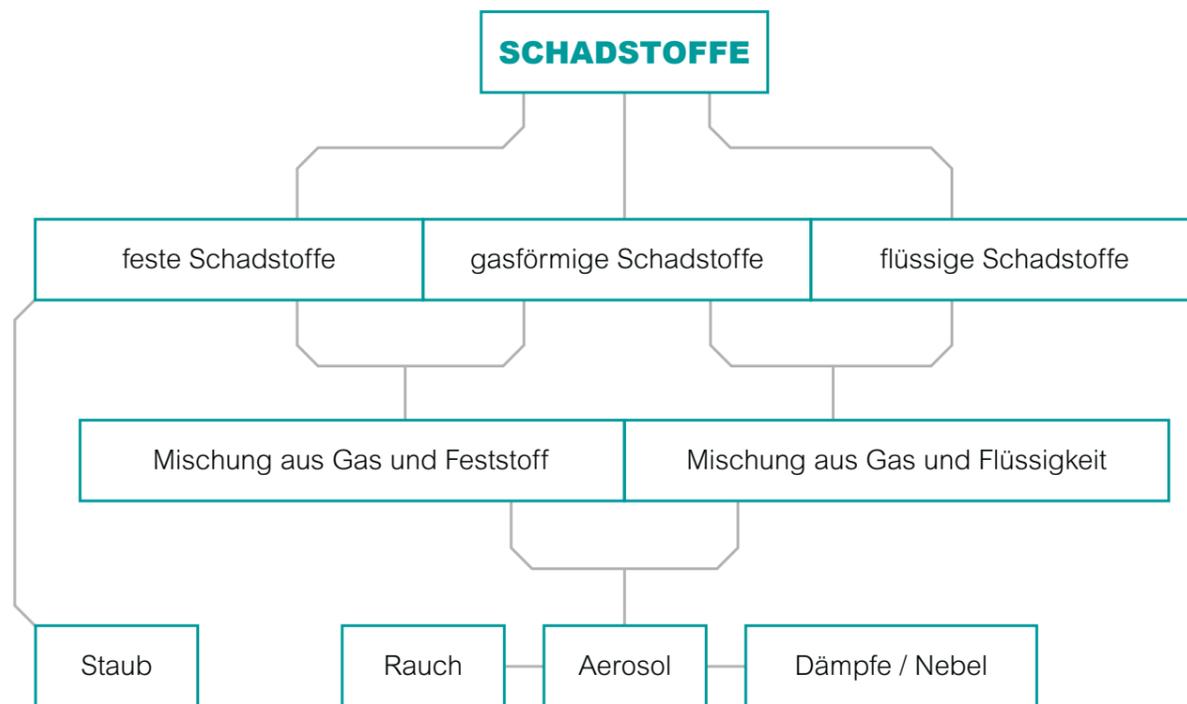


WISSENSWERTES

Schadstoffe

Schadstoffunterteilung und Begriffe der Absaug- und Filtertechnik

Durch unterschiedliche Prozesse werden am Arbeitsplatz viele verschiedene Schadstoffe frei. Eine übersichtliche Einteilung in Schadstoffklassen zeigt die Abbildung:



Durch Mischung mit Gasen können auch Flüssigkeiten und Feststoffe in Form von Aerosolen als luftgetragene Schwebeteilchen auftreten. Umgangssprachlich werden sie als Dampf, Nebel oder Rauch bezeichnet. Aber auch Staubpartikel sind Schwebstoffe, die als Feinstaub oft Absetzzeiten von mehreren Stunden aufweisen.

Da Schadstoffe, die sich lange in der Luft befinden, insbesondere auch schädliche Gase, nicht oder kaum durch Absetzen abgeschieden werden, sind sie besonders gefährlich für Mensch, Umwelt und Maschine. Sie können sich weit verteilen und auch in großer Entfernung vom Produktionsort ihre schädlichen Wirkungen entfalten.

Bei vielen Arbeitsprozessen werden Staub, Rauch, Nebel oder Gase und Dämpfe freigesetzt, die nachweislich Arbeitsleistung und Gesundheit beeinträchtigen.

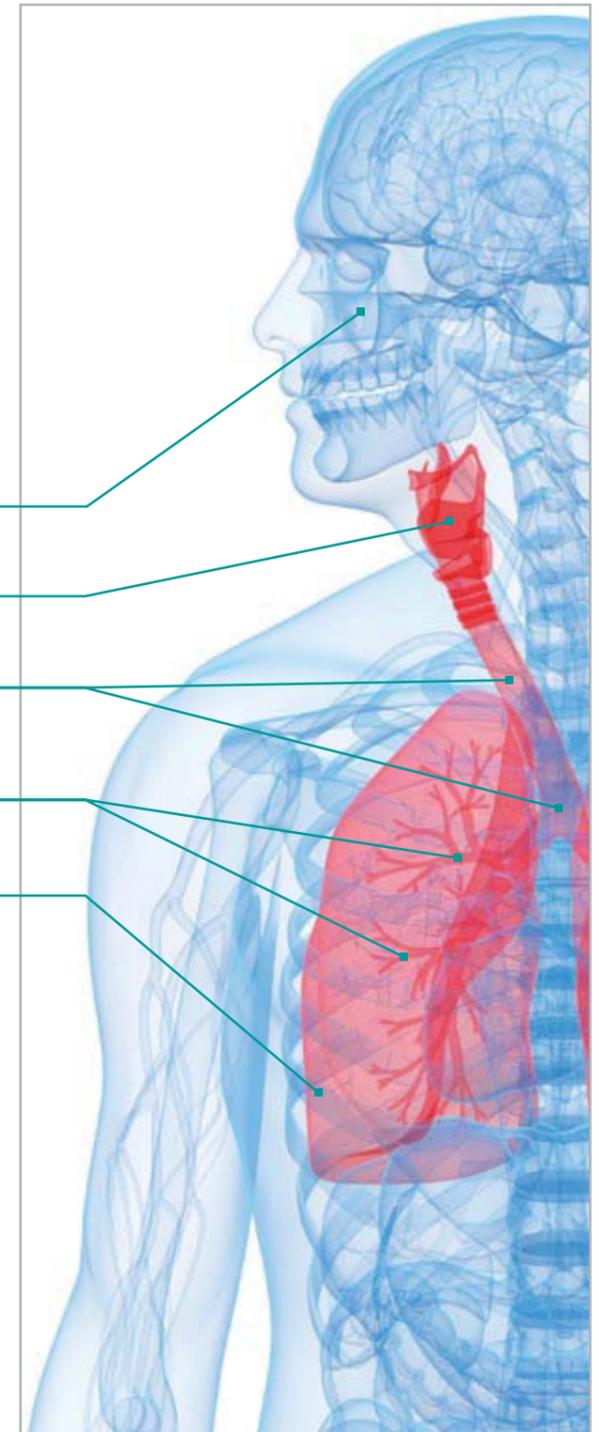


Gesundheitsfolgen

Negative Auswirkungen auf den Körper sind zum Beispiel:

- Entzündungen und Gewebeveränderungen in den Atemorganen
- Asthma, Allergien, Lungenfunktionsstörungen
- Zerstörung der Selbstreinigungsfähigkeit der Lunge, Lungenkrebs

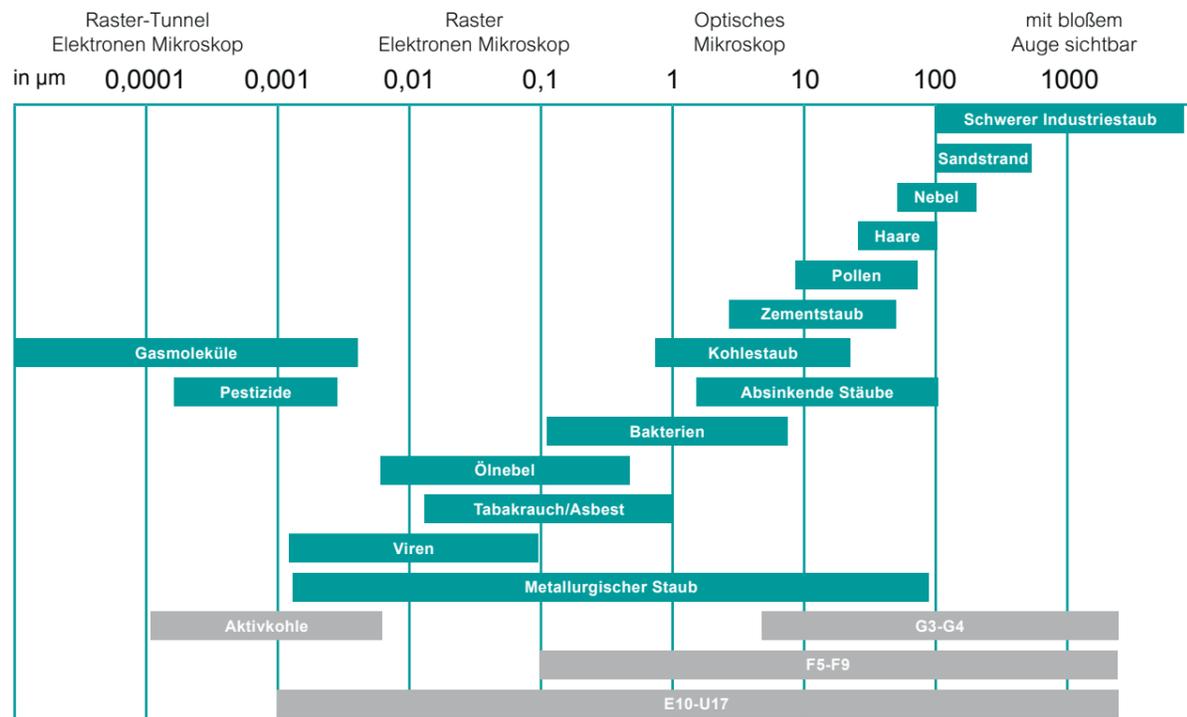
- Nasenschleimhäute und Rachen > 10µm
- Kehlkopf 4,7 - 5,8µm
- Luftröhre und Hauptbronchien 3,3 - 4,7µm
- Sekundäre und Tertiäre Bronchien 1,1 - 3,3µm
- Alveolen 1µm



gesunde Lunge
Lunge hochgradig belastet (ohne Absaug- und Filteranlage)

Partikel

Beispiele für Partikelgrößen



Absinkende Partikel

Große Partikel zwischen 1mm und 0,1mm (=100 μm) Größe sind noch mit bloßem Auge erkennbar. Hierzu zählen beispielsweise schwerer Industriestaub, Sand, Nebel und Haare. Kleinere Partikel unter 100 μm sind bereits nur noch mit einem optischen Mikroskop erkennbar, wie Pollen, Zementstaub, Kohlestaub, grober metallurgischer Staub oder allgemein absinkende Stäube mit einer Größe von über 1 μm .

Diese Partikelgrößen entsprechen den Filterklassen G3-G4, werden aber auch von deutlich feineren Filterklassen F5 - F9 und E10 - U17 abgefangen.



Schwebstoffe

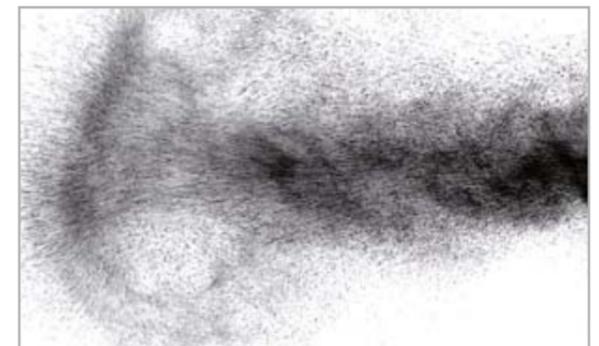
Partikel, die nicht mehr absinken, sondern dauernd in der Luft schweben, haben eine Größe von weniger als 1 μm . Manche Bakterien sind kleiner als 1 μm , die wichtigsten Vertreter dieser Kategorie sind jedoch metallurgischer Staub und Ölnebel. Partikel mit einer Größe von mehr als 0,1 μm und unter 1 μm werden von Filtern der Filterklassen F5-F9 abgedeckt, aber auch die Klassen E10-U17 fangen diese Partikel auf.

Feinstpartikel

Unter 0,1 μm sind Partikel nur noch mit einem Raster-Elektroden-Mikroskop erkennbar. Feine Ölnebelpartikel sind zwischen 0,01 μm und 0,1 μm groß, Tabakrauch und Asbest sind teilweise sogar kleiner als 0,01 μm . Zwischen 0,001 μm und 0,1 μm sind die meisten Viren angesiedelt sowie sehr feiner metallurgischer Staub. Um diese Partikel zu filtern, kommen nur noch EPA, HEPA- und ULPA-Filter der Klassen E10-U17 in Frage. Unter 0,01 μm werden Partikel teilweise bereits von Aktivkohle gefiltert.

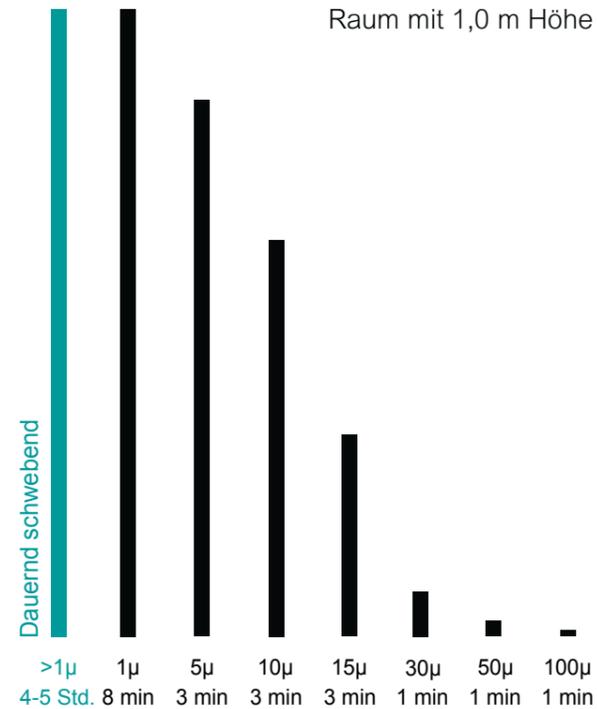
Gasförmige Schadstoffe

Gasmoleküle und Pestizide sind nur in seltenen Fällen größer als 0,001 μm . Das einzige Filtermedium für Partikel von so geringer Größe ist Aktivkohle. Sie sind luftgetragen und können beim Einatmen bis in die Lungenbläschen vordringen. Um den richtigen Filter für den jeweiligen Anwendungsfall auszuwählen, reicht die Filterspezifikation allein nicht aus. Je nach anfallender Schadstoffmenge, Größenverteilung der Partikel und Einsatzbedingungen können sich andere Grundvoraussetzungen ergeben, wodurch sich die optimale Auswahl des einzusetzenden Filters ändert. Eine professionelle Beratung und gegebenenfalls eine Begutachtung vor Ort sind daher unerlässlich, um von der Erfahrung eines weltweit agierenden Unternehmens wie der TBH GmbH profitieren zu können.



Absetzzeiten

Für die Absetzzeit von Partikeln sind ihre Größe und ihr Gewicht von besonderer Bedeutung. Je kleiner und leichter die Partikel sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie von Luftwirbeln in der Luft gehalten werden. Nachfolgende Abbildung zeigt, wie lange Partikel in der Luft schweben, bevor sie sich absetzen. Die Absetzzeiten gelten für einen Raum von 1m Höhe.



Schwebstoffe sind ein Gesundheitsrisiko

Je feiner die eingeatmeten Partikel sind, desto größer ist das Gesundheitsrisiko, welches sie darstellen. Besonders wichtig ist die Feststellung, dass die chemische Zusammensetzung des Feinstaubes allein für die Beurteilung der Gesundheitsbelastung nicht ausschlaggebend ist, da auch chemisch ungiftige Partikel tief in den Atemtrakt, teilweise sogar bis in die Lungenbläschen, eindringen können.

Feinstaub steht im Verdacht, auch ohne direkte Giftwirkung krebserregend zu wirken. Bronchialbereich und Lunge werden stark belastet, da die Atemwege oder die Lungenbläschen von Feinstäuben verstopft werden. Je nach Anwendungsfall können Feinstpartikel nicht nur die Gesundheit der Mitarbeiter, sondern auch die Produktqualität beeinträchtigen.



Schädliche Feinstpartikel verbleiben besonders lang in der Atemluft

Partikel mit 15µm Größe setzen sich bereits innerhalb einer Minute ab, sofern sie nicht durch Luftbewegung wieder aufgewirbelt werden. In höheren Räumen kann das Absetzen entsprechend länger dauern. Bei einem Durchmesser von 10µm beträgt die Absetzzeit von Partikeln schon 3 Minuten, bei 5µm 8 Minuten. Da die Absetzzeit nicht linear steigt, brauchen Partikel von 1µm Durchmesser bereits 4 bis 5 Stunden, um sich abzusetzen. Noch kleinere Partikel sind dauernd schwebend und setzen sich nicht mehr ab. Somit bleiben die besonders gesundheitsschädlichen Feinstpartikel am längsten in der Luft, wo sie eingeatmet werden können.

Grober Schmutz schadet Mensch und Maschine

Während feine Partikel sich besonders lange in der Luft aufhalten und auf diese Weise eine Gefahr darstellen, werden grobe Partikel sich rasch absetzen und Oberflächen, Maschinenteile und, je nach Zugänglichkeit, Maschineninnerräume verschmutzen. Bei Luftbewegungen können sie sich weit verteilen und ebenfalls eingeatmet werden, was zu einer weiteren Belastung des Atemtraktes führt.



Filterarten und Filterklassen

In der Praxis werden für Filterarten eine Vielzahl von unterschiedlichen Begriffen verwendet. Die Tabelle gibt eine Übersicht über die Hauptgruppen, Filterbezeichnungen und Filterklassen.

Vorfilter		Partikelfilter <i>(Schwebstofffilter)</i>		Molekularfilter	
Grobstaubfilter	Feinstaubfilter	Filterklasse E10-E11 <i>(EPA)</i>	Filterklasse H13-H14 <i>(HEPA)</i>	Physikalische Adsorptions-Filter <i>(Aktivkohle)</i>	Chemische Adsorptions-Filter
Filterklasse G1-G4	Filterklasse F5-F9		Filterklasse U15-U17 <i>(ULPA)</i>		
Sättigungsfilter		Abreinigungsfilter	Sättigungsfilter	Sättigungsfilter	



Sättigungsfilter oder Speicherfilter

Die Speicherkapazität regulärer Filtermedien ergibt sich aus der Menge an Partikeln (oder im Falle von Molekularfiltern, Gasen), die sie aufnehmen können. Sobald alle Freiräume des Filters mit Fremdstoffen aufgefüllt sind, wird die Weiterverwendung (Ausnahme: Molekularfilter) zu einem Druckanstieg führen. Dieser Druckanstieg führt zur Verringerung des Luftvolumenstromes und ein Filterwechsel wird notwendig.

Abreinigungsfilter

Bestimmte Filterbauformen und Filtermedien erlauben eine Abreinigung des Filtermediums, durch die es in einen funktionsfähigen Zustand zurück versetzt werden kann. Die Abreinigung geschieht mittels Druckluft oder über mechanische Verfahren (Vibration, Rütteln, Abstreifen). Die bekanntesten Arten sind Schlauchfilter, Filterpatronen oder Sinterlamellenfilter, die in der Mehrheit nur für trockene Stäube im Einsatz sind.

Vorfilter und Partikelfilter

Zur Klassifizierung von Grob- und Feinstaubfiltern (=Schwebstofffilter) wird im europäischen Raum fast ausschließlich die Norm EN 779 verwendet. EPA, HEPA- und ULPA-Filter, besonders feinporige Schwebstofffilter, werden nach der Norm EN 1822 beurteilt. Je nach Norm wird entweder der Anfangsabscheidegrad oder der Fraktionsabscheidegrad als Leistungskriterium bei Normbelastung herangezogen.

Der Anfangsabscheidegrad ist der Abscheidegrad des neuen Filters, d.h. das Verhältnis zwischen aufgefangenem und zugeführtem Material. Der Fraktionsabscheidegrad bezeichnet den Abscheidegrad eines Filters in Bezug auf eine sogenannte Fraktion, also Partikel einer bestimmten Größenklasse. Die nachfolgende Tabelle zeigt Ihnen die aktuellen Normen sowie die entsprechenden Klassifizierungen.

DERZEIT GÜLTIGE NORMEN			VERWANDTE ODER ANDERE NORMEN			
DIN EN 779 Grobstaubfilter mit Abscheidegrad A Enddruckdifferenz 250Pa	DIN EN 779 Feinstaubfilter mit Fraktionsabscheider A 0,4 µm Enddruckdifferenz 450 Pa	EN 1822 EPA, HEPA, ULPA Anfangsabscheidegrad A DEHS, MPPS ca 0,1-0,3 µm	ZH 1/487 staubbes. Geräte mittlerer Durchlassgrad D Quarzstaub 90% 0,2 µm	US MIL-STD Schwebstofffilter Anfangsabscheidegrad A DOP 0,3 µm	DS 3928 Schwebstofffilter Anfangsabscheidegrad A NaCl DOP 0,3 µm	DIN EN 60335 Schwebstofffilter Durchlassgrad D Paraffinöl 61% < 1 µm
A>50% G1	E>40% F5	A (integral)> 85 % E10	Die angegebenen Grenzwerte können materialabhängig stark variieren	95%	A > 95% EU10	D < 1% L
A>65% G2	E>60% F6	A (integral)> 95 % E11	D < 5 % U	99,97%	A > 99,9% EU11	D < 0,1% M
A>80% G3	E>80% F7	A (integral)> 99,5 % E12	D < 1 % S	99,99%	A > 99,97% EU12	D < 0,005% H
A>90% G4	E>90% F8	A (integral)> 99,95 % H13 A (lokal)> 99,75 %	D < 0,5 % G	99,999%	A > 99,99% EU13	
	E>95% F9	A (integral)> 99,995 % H14 A (lokal)> 99,975 %	D < 0,1 % C		A > 99,999% EU14	
		A (integral)> 99,9995 % U15 A (lokal)> 99,9975 %	D < 0,05 % Paraffinöl 90% < 1 µm K1,K2			
		A (integral)> 99,99995 % U16 A (lokal)> 99,99975 %				
		A (integral)> 99,999995 % U17 A (lokal)> 99,99999 %				

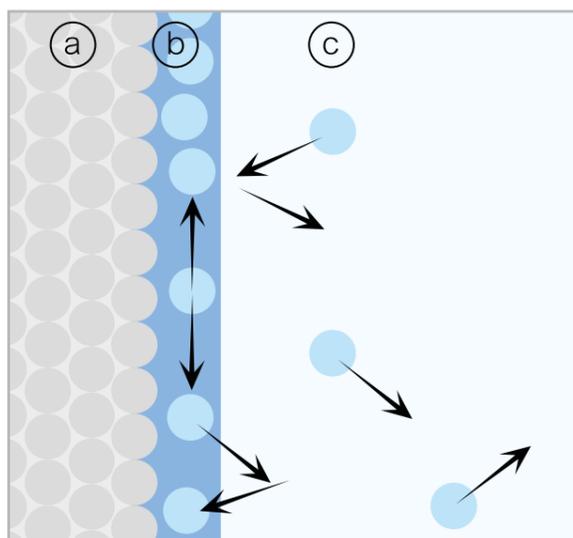
Adsorptionsfilter

Physikalische Adsorption

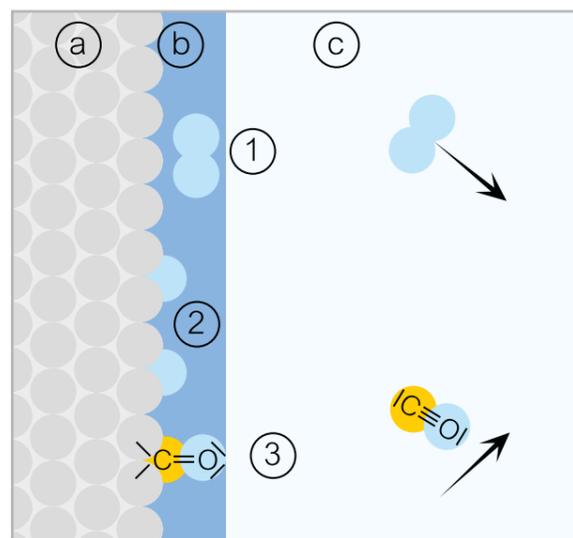
Im allgemeinen Sinn ist Adsorption ein physikalischer Prozess, bei dem Stoffe auf der Oberfläche eines anderen Stoffes haften und sich dort anreichern. Aktivkohle ist ein gängiges Filtermedium, das in seiner schwammartigen Mikrostruktur größere Gasmoleküle adsorbieren und speichern kann. Daher wird Aktivkohle oft eingesetzt, um unangenehme Gerüche oder gesundheitsschädliche Gase aufzufangen. Aktivkohle wird aus organischen Stoffen (z.B. Kohle oder Torf) hergestellt. Durch Bildung feinsten Poren und Kapillarsysteme beträgt die adsorptionsfähige Oberfläche bis zu 1700m² je Gramm Aktivkohle. Daraus ergibt sich ein sehr guter Abscheidegrad und eine große Speicherkapazität, die zu langen Standzeiten führt.

Chemische Adsorption

Im Gegensatz zur physikalischen Adsorption werden Gasmoleküle im Falle von chemischer Adsorption nicht aufgefangen, sondern durch eine chemische Reaktion aufgespalten und neutralisiert. Die Neutralisierung erfolgt durch die chemische Bindung mit dem auf dem Trägermaterial aufgebrachtem Reaktionsstoff. Die durch diesen Prozess aufgespaltenen Moleküle können dann durch physikalische Adsorptionsfilter, wie Aktivkohle, aufgefangen werden. Da sich physikalische und chemische Adsorption gegenseitig ergänzen, lässt sich durch Kombination beider Arten ein sehr breites Spektrum an gasförmigen Stoffen und Gerüchen filtern. Deshalb setzt auch die TBH GmbH beide Materialien in Form von Aktivkohle und BAC-Granulat in ihren Aktivkohle/BAC-Filterkassetten ein.



a) Adsorbens, b) Adsorbat an der Grenzfläche, c) Gasphase bzw. Lösung mit Adsorptiv



a) Adsorbens, b) Adsorbat, c) Gasphase mit Adsorptiv, 1) Physisorption, 2) dissoziative Chemisorption, 3) gerichtete Chemisorption

Reinraumklassen und Standards

Beurteilung der Luftqualität durch internationale Standards

Reinräume werden durch ISO-Reinraumklassen definiert. In der ISO 14644-1 ist festgelegt, wie viele Partikel welcher Größe in 1m³ Luft vorhanden sein dürfen. Diese maximal zulässigen Konzentrationen dürfen für die jeweilige Klasse nicht überschritten werden. Die ISO-Klasse mit den höchsten Anforderungen an Luftreinheit ist Klasse 1, die mit den geringsten Anforderungen Klasse 9. In manchen Fällen, vor allem im Bereich von Lebensmitteltechnik und Pharmazie, wird die Luftreinheit hingegen über die Anzahl Mikroorganismen oder Keime (Koloniebildende Einheiten) beurteilt. In der Pharmazie wird hierzu die EG-GMP Annex 1 herangezogen.

Mithilfe standardisierter Messverfahren werden die Partikel- oder Keimkonzentrationen kontrolliert und so die Reinraumklassen festgestellt. Auf diese Weise kann Luftqualität klassifiziert werden und wird so zu einer genormten Größe.

REINRAUM KLASSE	DIN EN ISO 14644-1						EG-GMP		REVIDIERTE NORM	
	Cn = maximale Anzahl Partikel pro m ³ und Partikel-Durchmesser						Raumklassifizierung	Koloniebildende Einheiten KBE/m ²	US FEDERAL STANDARD 209E	
	0,1 µm/m ³	0,2 µm/m ³	0,3 µm/m ³	0,5 µm/m ³	1,0 µm/m ³	5,0 µm/m ³				Englische Einheit ft ³
ISO 1	10	2								
ISO 2	100	24	10	4						
ISO 3	1000	237	102	35	8			1	M 1,5	
ISO 4	10000	2370	1020	352	83			10	M 2,5	
ISO 5	100000	23700	10200	3520	832	29	A / B	< 1	100	M 3,5
ISO 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293	(B)	10	1000	M 4,5
ISO 7				352000	83200	2930	C	100	10000	M 5,5
ISO 8				3520000	832000	29300	(C) / D / E / F	200	100000	M 6,5
ISO 9				35200000	8320000	293000	mit Mitarbeitern			

In der Tabelle sind die ISO-Reinraumklassen, die Anforderungen der EG-GMP bezüglich der Keimanzahl sowie der früher verwendete US Federal Standard 209E dargestellt. Letzterer ist seit 2001 nicht mehr gültig.



ATEX - EX-Schutz Normen

ATEX ist ein weit verbreitetes Synonym für die ATEX-Leitlinien der Europäischen Union. Die Bezeichnung ATEX leitet sich aus der französischen Abkürzung für ATmosphère EXplosible ab. Die Richtlinie umfasst aktuell zwei Richtlinien auf dem Gebiet des Explosionsschutzes, die ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG und die ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG.

Diese Richtlinien regeln den Schutz vor Gefahren, die durch das Vorhandensein einer explosionsfähigen Atmosphäre verursacht werden. Eine explosionsfähige Atmosphäre ist hierbei definiert als Gemisch aus Luft und brennbaren Stoffen in Form von Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.

ATEX Produktrichtlinie 94/9/EG

Die Tabelle zeigt die Einteilung der Produkte gemäß ATEX Produktrichtlinie 94/9/EG:

GERÄTEGRUPPE II					
Geräte zur Verwendung in den übrigen explosionsgefährdeten Bereichen					
Kategorie 1		Kategorie 2		Kategorie 3	
ständig, häufig oder über längere Zeit		gelegentlich		selten und kurzfristig	
sehr hohe Sicherheit		hohe Sicherheit		normale Sicherheit	
Zone 0	Zone 20	Zone 1	Zone 21	Zone 2	Zone 22
G	D	G	D	G	D

G = Gas, D = Staub

ATEX Betriebsrichtlinie 1999/92/EG

Die ATEX-Betriebsrichtlinie teilt die explosionsgefährdeten Bereiche in sogenannte Zonen ein. Jeder Arbeitgeber hat im Rahmen seiner Gefährdungsbeurteilung für die entsprechenden Arbeitsplätze ein Explosionsschutzdokument zu erstellen und die entsprechenden Zonen dementsprechend zu definieren.

Um Ihren Kunden auch in kritischen Einsatzfällen stets die richtige Absaug- und Filteranlage anbieten zu können, stellt die TBH GmbH auch Anlagen für den explosionsgeschützten Bereich her. Die Geräte entsprechen selbstverständlich der geltenden ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG und der Norm DIN EN 1127-1:2007. Geräte einer bestimmten Kategorie dürfen nur für bestimmte Zonen eingesetzt werden. So sind Geräte der Kategorie 3 nur für die Zone 2 (bei Gasen oder Dämpfen) bzw. für die Zonen 22 (für Stäube) zulässig. Die Absaug- und Filteranlagen der TBH GmbH tragen die Bezeichnung EX II 3D und sind somit für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen (nicht im Bergbau) nach Kategorie 3 zum Absaugen aus Zone 22 geeignet.

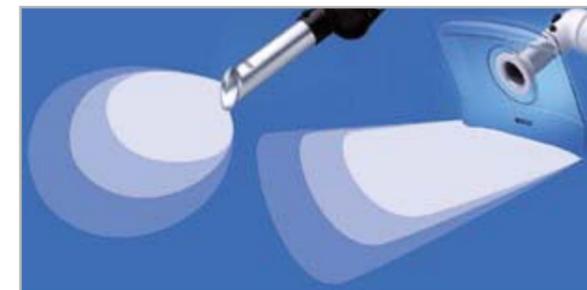
EINTEILUNG DER EXPLOSIONSGEFÄHRDETEN ZONEN

Gas	Zone 0 ist ein Bereich, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist	Zone 1 ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann	Zone 2 ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt
Stäube	Zone 20 ist ein Bereich, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeit oder häufig vorhanden ist	Zone 21 ist ein Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann	Zone 22 ist ein Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt

Zur Anlagenplanung

Grundlagen zur Auslegung und Gestaltung einer Absaug- und Filteranlage

Die richtige Gestaltung der Schadstofffassung ist einer der entscheidendsten Faktoren für eine kosteneffektive und anforderungsgerechte Dimensionierung des gesamten Absaug- und Filtersystems. Aufgabe der Erfassungseinrichtung ist es, feste und gasförmige Schadstoffe mit dem erzeugten Luftstrom der Anlage zu erfassen. Die hierzu notwendige Luftgeschwindigkeit hängt einerseits von Partikelgröße und -gewicht ab, andererseits sind auch der Abstand vom Entstehungs- bzw. Austrittsort und die Gestaltung des Absaugraumes von besonderer Bedeutung.



Mit zunehmendem Abstand der Erfassungseinrichtung von der Schadstoffquelle nimmt die Luftgeschwindigkeit und damit die Effektivität der Erfassung deutlich ab. Bereits in einem Abstand eines Rohrdurchmessers von der Schadstoffquelle beträgt die Luftgeschwindigkeit nur noch 7,5% der Luftgeschwindigkeit im Absaugrohr.

Somit ist die korrekte Positionierung des Erfassungselementes entscheidend. Aus der Praxis ergibt sich, dass gängige Aufbauten, beispielsweise die Anbringung eines Absaugrohres oberhalb des Arbeitsplatzes, nicht ausreichend sind. Laminare Strömungen sind allgemein verlustärmer, da rückwärts gerichtete Strömungen und Querströmungen den Wirkungsgrad der Absaugung deutlich heruntersetzen. Daher wird eine Verbesserung der Erfassungstiefe beispielsweise durch den Einsatz eines Flachschilds am Absaugrohr oder Absaugschlauch erreicht (siehe Bild oben). Eine weitere Maßnahme ist die Abschirmung der Absaugstelle gegenüber äußeren Störströmungen.

Weitere Gestaltungsüberlegungen betreffen die Eingliederung des Gesamtsystems an den Arbeitsplatz. Ein besonders wichtiges Kriterium ist die Bewegungsfreiheit der Mitarbeiter, die nicht störend eingeschränkt werden darf.

Aus der Kombination der durch die Strömungslehre und durch praktische Bedingungen gegebenen Voraussetzungen ergeben sich einige Standard-Lösungskonzepte, die als Vorbild für eine effektive und anforderungsgerechte Staub-erfassung herangezogen werden können.

Offene Konzepte (a) sind sehr empfindlich gegen Störströmungen. Bei ruhiger Umgebungsluft wird durch seitliches Zuströmen frischer Luft teilweise verhindert, dass die schadstoffhaltige Luft nach außen ausweichen kann. In vielen Fällen ist dieses Konzept ausreichend, jedoch, muss sehr darauf geachtet werden, dass an der Schadstoffquelle die erforderlichen Luftgeschwindigkeiten eingehalten werden.

Durch Installation der Erfassungseinrichtung auf derselben Oberfläche (b z.B. Tisch) wie der Arbeitsstelle kann zusätzlich der **Coandă-Effekt** genutzt werden. Der **Coandă-Effekt** bewirkt, dass der erzeugte Luftstrom der Absauganlage auf der Oberfläche haftet. Dadurch entstehen weniger Verwirbelungen und Querströmungen, was die Effizienz der Absaugung steigert. Wenn, im Gegensatz dazu, die Absaugung oberhalb der Arbeitsstelle platziert wird, ist der Luftstrom ungeleitet und daher verwirbelt, was die Effizienz der Absaugung verringert.



Bei rotierenden Werkzeugen kann zusätzlich der Austragungsimpuls mitgenutzt werden.

Seitliche Abschirmungen (c) verhindern, dass die schadstoffhaltige Luft nach außen entweichen kann. Ein allseitig geschlossenes System (d) ist von außen nicht mehr zugänglich, gewährleistet aber eine vollständige Erfassung der Schadstoffe. Die Anwendbarkeit hängt stark von den Anwendungsbedingungen ab.

Luftgeschwindigkeiten im Erfassungselement

Damit feste und gasförmige Schadstoffe vom Luftstrom erfasst werden können, sind bestimmte Luftgeschwindigkeiten notwendig, die entscheidend von Partikelgröße und -gewicht abhängen.

NOTWENDIGE LUFTGESCHWINDIGKEIT			
am Eintritt des Absaugrohres / -schlauches für		im Entstehungsbereich bei bestimmten Prozessen	
Industriestaub	≥ 20 m/s	Dämpfe	0,1 – 0,2 m/s
Feinstaub / Rauch	14-18 m/s	Löt Rauch	0,2 – 0,3 m/s
Gasmoleküle	≥ 10 m/s	Laserrrauch	0,2 – 0,4 m/s
		Schweißrauch	0,3 – 0,5 m/s
		Schleifen	0,3 – 1,0 m/s

Je nach Größe der Erfassungseinrichtung (Absaugrohr) lässt sich nun der notwendige, effektive Luftvolumenstrom der Anlage mit folgender vereinfachter Formel überschlägig berechnen:

$$V = A \cdot c$$

V: Effektiver Luftvolumenstrom V [m³/h]; **A:** Fläche des Absaugrohres A [m²]; **c:** Luftgeschwindigkeit [m/s]

Aus der gegebenen Grundformel lässt sich ablesen, dass der effektive Luftvolumenstrom der Anlage um so größer sein muss, je größer der Durchmesser des Absaugschlauches ist.

Der erforderliche effektive Luftvolumenstrom wiederum hat Auswirkung auf die notwendige Filterfläche und damit auch auf die Größe der Anlage und nicht zuletzt auf ihren Preis. Deshalb sollte bei der Auswahl und Gestaltung der Erfassungseinrichtung ein möglichst kleiner Durchmesser gewählt werden, der sich aus der erforderlichen Luftgeschwindigkeit ergibt.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Abhängigkeiten von Absaugschlauch- / Rohrdurchmesser und dem notwendigen, effektiven Luftvolumenstrom um die unterschiedlichen geforderten Luftgeschwindigkeiten für eine gute Partikelerfassung zu erreichen.

Absaug- / Rohrdurchmesser (mm)	Industriestaub > 20 m/s	Feinstaub / Rauch 16 m/s	Gasmoleküle >10 m/s
50	140 m³/h	115 m³/h	70 m³/h
63	225 m³/h	180 m³/h	110 m³/h
80	360 m³/h	290 m³/h	180 m³/h
100	565 m³/h	450 m³/h	280 m³/h
125	880 m³/h	710 m³/h	440 m³/h
160	1450 m³/h	1160 m³/h	720 m³/h
200	2260 m³/h	1810 m³/h	1130 m³/h
250	3530 m³/h	2830 m³/h	1770 m³/h

Für die nebenstehenden Rohrleitungsdurchmesser sollen die empfohlenen Luftmengen nicht unterschritten werden.

Beispielrechnung: Bei einem vorgegebenen Rohrdurchmesser von 80mm soll Feinstaub abgesaugt werden. Daraus ergibt sich ein Zielwert für die Luftgeschwindigkeit von

$$c_{\text{soll}} = 15 \text{ m/s}$$

Die Querschnittsfläche des Absaugrohres ergibt sich geometrisch aus

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = (0,08\text{m})^2 \cdot 3,14 / 4 = 0,005\text{m}^2$$

$$V = A \cdot c = 0,005 \text{ m}^2 \cdot 15 \text{ m/s} = 0,075 \text{ m}^3/\text{s}$$

Um diesen Wert auf die gängige Einheit m³/h zu bringen, muss mit 3600 s/h multipliziert werden:

$$V = A \cdot c = 0,075 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3600 \text{ s/h} = 271 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ergebnis: Die Absauganlage muss einen effektiven Luftvolumenstrom von mindestens 270m³/h zur Verfügung stellen, um die erforderlichen 15m/s zu erreichen.

Zusammenfassend sollten hinsichtlich der Stauberfassung folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Absaugung möglichst direkt an der Entstehungsstelle, da die Luftgeschwindigkeit schon in geringem Abstand von der Erfassungsstelle stark abfällt
- Querströmungen der Luft vermindern
- Absaugöffnung möglichst in Richtung des Späne-/ Staubfluges anordnen
- Erfassungselemente möglichst dicht an das Werkzeug anschließen und dieses soweit wie möglich umschließen
- Zirkulationsströmung um rotierende Werkzeuge durch Luftleitbleche in die Absaugrichtung umleiten
- Kleinstmöglicher Absaugdurchmesser, um die erforderliche Leistung der Anlage möglichst gering zu halten

Arbeitspunkt und effektive Luftleistung der gesamten Absaug- und Filteranlage

Unterschiede Turbine / Radialgebläse / Ventilatoren

Die Leistungsfähigkeit einer Absaug- und Filteranlage wird im Wesentlichen vom Motor bestimmt. Hierzu stehen unterschiedliche Techniken mit unterschiedlichen Leistungsfaktoren zur Auswahl. Turbinen und verschiedene Bauformen von Radialgebläsen können vergleichbare Luftvolumenströme erreichen, unterscheiden sich jedoch in anderen wichtigen Eigenschaften. Nachfolgende Tabelle zeigt die Unterschiede und den Einsatzbereich. Alle angegebenen Werte sind Durchschnittswerte, um die wesentlichen technischen Merkmale aufzuzeigen.

TECHNISCHE DATEN	TURBINE	GEBLÄSE	GEREGELTER VENTILATOR	UNGEREGELTER VENTILATOR
Maximale Drehzahl	25 000	8 000	8 000	2 800
Maximaler statischer Druck	15 000 - 20 000 Pa	4 000 Pa	3 000 Pa	1 500 - 2 000 Pa
Garantierte Laufzeit	Kohleläufer 600h Dauerläufer 5 000h	Dauerläufer 10 000h	Dauerläufer 10 000h	Dauerläufer 10 000h
Erwartete Laufzeit	20 000h	40 000h	20 000h	15 000h
Geräuschpegel	< 60 dB (A)	< 53 dB (A)	< 63 dB (A)	< 74 dB (A)
Motorleistung	1-2 kW	0,2-0,7 kW	2,0-2,9 kW	0,3-7,0 kW
Mindest-Rohrdurchmesser	32 mm	80 mm	160 mm	160 mm
TBH - Geräteserie	LN100-265, 615; FP130/150, 213-215; OEN150; CompairS, SD; BF100/200, 1000/1200	GL20-30, 230-265, 400; BF5, 10, 2000/2200	LN610, 612, 620; OEN710, 720; FP210-212	Sonderlösungen

Eine wichtige Motorkenngröße ist der statische Druck. Statischer Druck bezeichnet die Kraft, Luftwiderstände zu überwinden. Die zu verwendenden Rohr-/Schlauchdurchmesser werden durch die Art der Erfassungseinrichtung und die notwendigen Luftgeschwindigkeiten für die Partikelerfassung bestimmt. Luftvolumenstrom und Druckverluste innerhalb der Anlage hängen voneinander ab, wie im nächsten Kapitel beschrieben wird.

Ventilator Kennlinie und Arbeitspunkt

Wird ein Ventilator frei aufgestellt und betrieben, so fördert er einen großen Luftvolumenstrom (freiblasend). Wird der Ventilator jedoch an einer Anlage oder in einem Gerät angeschlossen, so sind auch die zusätzlich auftretenden Strömungswiderstände (Filter, Luftumlenkungen) zu überwinden. Dazu muss der Ventilator einen gewissen Überdruck aufbringen, den man als Druckerhöhung bezeichnet, wodurch der Luftvolumenstrom abnimmt. Die Ventilator Kennlinie (Skizze A.S.36) stellt die Abhängigkeit zwischen Volumenstrom und Druckerhöhung dar. Der Schnittpunkt der Lüfterkennlinie und der Gerätekennlinie (interne Strömungswiderstände in der Absauganlage) ergibt den

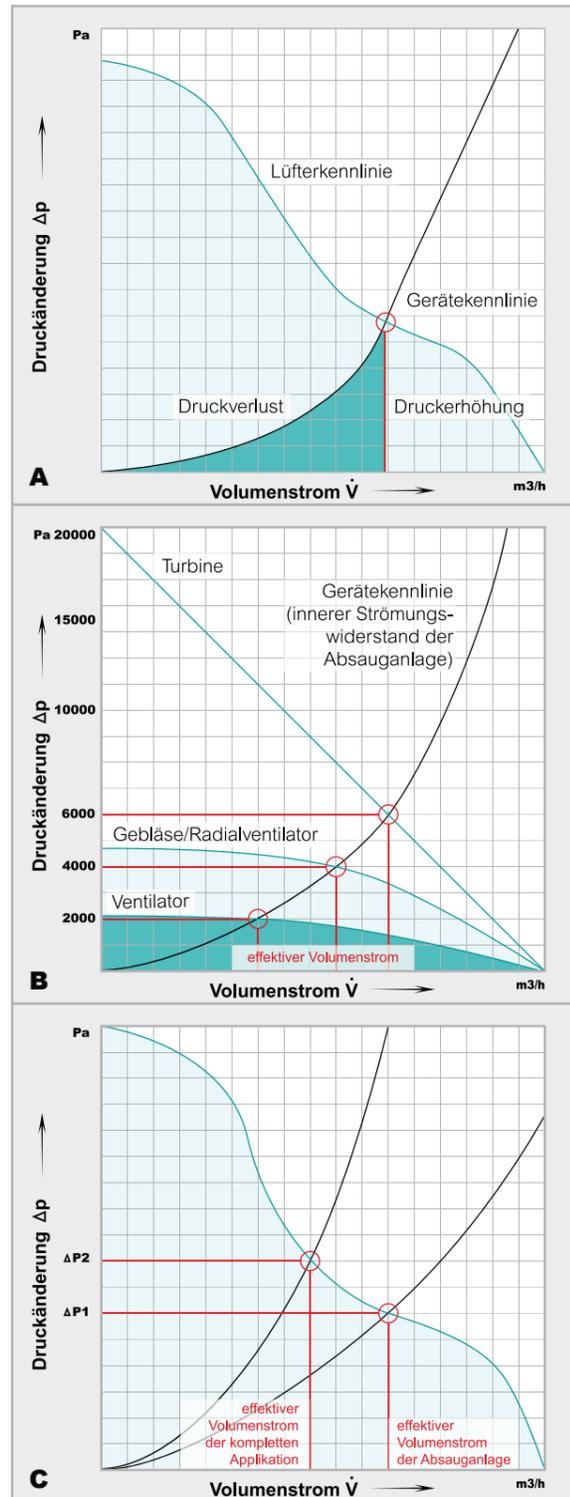
effektiven Luftvolumenstrom der Absaug- und Filteranlage. Viele Hersteller geben in ihren technischen Unterlagen nur den Wert des frei aufgestellten Ventilators an, der natürlich wesentlich höher liegt als der effektive Volumenstrom einer Filteranlage.

Die Abbildung (B) stellt die unterschiedlichen Motorbauarten bei gleichem freiblasendem Luftvolumenstrom gegenüber. Hier wird deutlich welche Unterschiede, je nach Bauart der verwendeten Motoren, bei dem effektiven Luftvolumenstrom einer Absaug- und Filteranlage auftreten können. Um Planungsfehler zu vermeiden ist deshalb immer nach dem effektiven Luftvolumenstrom einer Absaug- und Filteranlage zu fragen.

Erfolgt dies nicht, lässt sich das Preis-/Leistungsverhältnis unterschiedlicher Hersteller nicht richtig darstellen und es ergeben sich die erwähnten Planungsfehler.

Bei einer kompletten Absaug- und Filteranlage sind auch die Druckverluste der Ansaugleitung zu berücksichtigen, die wesentlich durch Länge und Durchmesser des Absaugrohres und die Erfassungseinrichtung entstehen.

Durch Kombination aller auftretenden Druckerhöhungen bzw. Druckverluste kann jetzt der eigentliche Arbeitspunkt der Anlage bestimmt werden (Abb. C). Hieraus ergibt sich letztendlich die Luftgeschwindigkeit zur Erfassung der festen und gasförmigen Schadstoffe.



Haben Sie noch weitere Fragen? Sprechen Sie uns an! Wir freuen uns darauf, Ihnen mit unserer Produktpalette, unserem Wissen und unserer Erfahrung die optimale Lösung für Ihre Anwendung auszuarbeiten.



Zusammengestellt unter Zuhilfenahme unserer eigenen Erfahrung und Anlehnung an:

Technik:

- Recknagel, Sprenger, Schramek - Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik
- Winfried Gräf - Maschinensicherheit
- Klaus Wettingfeld - Explosionsschutz nach DIN VDE 0165 und Betriebsicherheitsverordnung.
- Labastille, Reimar, Warner - EMV nach VDE 0875.
- Generelle Informationen der Fa. Lindab über die Auslegung von Lüftungsanlagen (Angaben aus dem Katalog).
- P. Heyder, D. Lenzkes, S. Rudnik - Elektrische Ausrüstung von Maschinen und maschinellen Anlagen

Filtertechnik:

- Lothar Gail, Hans-Peter Hortig - Reinraumtechnik
- Luftfilterbau und Vertriebs GmbH - Grundlagen der Filtertechnik

Normen:

- DIN EN 779: Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik – Bestimmung der Filterleistung.
- DIN EN 1822: Schwebstofffilter (HEPA und ULPA).
- DIN EN 60601-1: Medizinisch elektrische Geräte.
- DIN EN 61241-0: Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub.
- VDI 2083: Reinraumtechnik.
- DIN EN ISO 14971: Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte.
- DIN EN 60204: Elektrische Ausrüstung von Maschinen.
- DIN EN 61000: Elektromagnetische Verträglichkeit.
- DIN EN ISO 14121-1: Sicherheit von Maschinen- Riskobeurteilung.
- DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphäre, Grundlagen Methodik.

Bildrechte:

Die Bildrechte liegen bei TBH GmbH, sowie ihren Partnern und Fotolia (Bild-Nr.: 21857912/15848188, S. 21/24)

Technische Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

