

größeren Partikeln nehmen der Einfluss des eigenen Impulses und der Schwerkraft stärker zu als der Einfluss einer vorhandenen Luftströmung. Diese Teilchen sind nicht mehr einatembar und sedimentieren innerhalb kurzer Zeit bei ruhender Luft.

Es gibt eine Vielzahl von Einflussgrößen auf die Schadstoffausbreitung im Raum, die in der Tabelle des Fachverbandes VDMA dargestellt sind.

Bei der Freisetzung von flüssigen und festen Stoffen (Nebel, Rauch, Staub) ist die Tröpfchen- bzw. Partikelgröße zu betrachten. Abhängig von ihrer Größe, Geometrie und ihrer Dichte sinken sie langsamer oder schneller zu Boden (Sedimentation). Feine und leichte Partikel können sehr lange in der Luft schweben. Bei gasförmigen Stoffen ist nur der Dichteunterschied zur umgebenden Luft zu berücksichtigen.

Das Kräfte-Quartett

Die Freisetzung und Ausbreitung luftfremder Stoffe werden durch vier treibende Kräfte bestimmt: Dichteunterschiede, Druckunterschiede, äußere Kräfte und Diffusion. Diese

führen zu unterschiedlichen Strömungsausprägungen und sind somit Ausgangspunkt und Grundlage bei der Planung und Auslegung von Erfassungseinrichtungen.

Das Sedimentationsverhalten feinsten Partikel ist demnach abhängig von:

- Größe, Dichte, Geometrie und Oberflächenbeschaffenheit der Partikel
- Konzentration der Partikel im Medium
- Zusammensetzung des Mediums
- Temperatur des Mediums
- Strömungsgeschwindigkeit des Mediums
- elektrostatischen Wechselwirkung zwischen den Partikeln und dem Medium

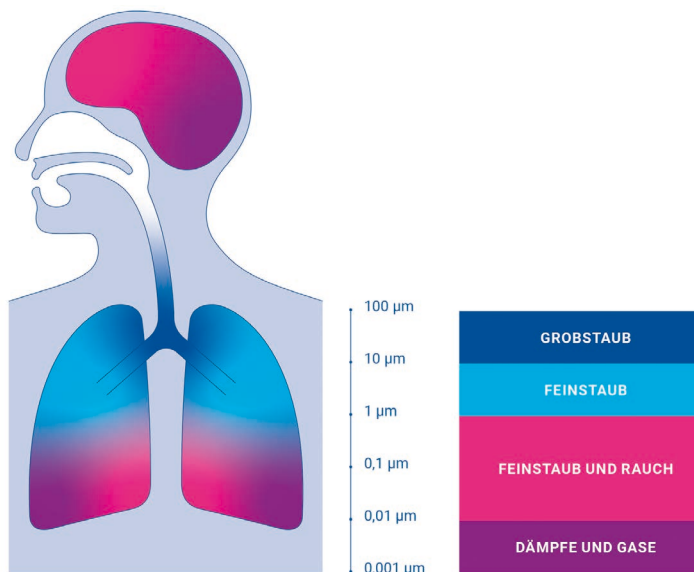
Feine Partikel sedimentieren tendenziell langsamer als grobkörnige Partikel. Partikel, die eine glatte Oberfläche besitzen, sedimentieren tendenziell schneller als Partikel mit einer rauen Oberfläche. Partikel, die eine starke elektrostatische Wechselwirkung mit dem Medium haben, sedimentieren tendenziell

Schwebverhalten von Stäuben (1 g/cm³)



Sedimentation von Partikeln

Einfluss-Parameter	Variationsgröße
Größe und Ausdehnung der Quelle	<ul style="list-style-type: none"> • Punktförmig • Linienförmig • Flächig • Räumlich
Zustand der Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Aggregatzustand • Temperatur • Dichte • Druck
Art der Freisetzung	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenbewegung • Fremdbewegung
Raumluftströmung in der Umgebung der Emissionsquelle	<ul style="list-style-type: none"> • Störströmung
Anordnung der Quelle im Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Raumkoordination
Freisetzungsort	<ul style="list-style-type: none"> • Ortsfest • Ortsunveränderlich
Zeitdauer der Emission	<ul style="list-style-type: none"> • Ständig • Zeitweise
Freigesetzte Stoffmenge	<ul style="list-style-type: none"> • Konzentration • Arbeitsverfahren
Physikalische und chemische Eigenschaften der Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Sorptionsverhalten • Reaktivität • Agglomeration • Abrasivität • Brennbarkeit



Einfluss luftgetragener Schadstoffe auf den menschlichen Organismus

langsamer als Partikel, die keine elektrostatische Wechselwirkung haben.

Das Schwebeverhalten luftgetragener Schadstoffe lässt sich auch eindrucksvoll anhand der Sedimentationsgeschwindigkeiten verdeutlichen. Zum Beispiel hat ein Partikel mit einer Größe von 100 nm, der typischerweise bei der Laserbearbeitung entsteht, eine Sedimentationsgeschwindigkeit von gerade einmal einem Meter in zwei Wochen!

Auswirkungen luftgetragener Schadstoffe auf Mensch, Maschine und Produkt

Luftgetragene Schadstoffe werden prinzipiell nach Partikelgrößen unterteilt. Diese Klassifizierung fokussiert primär den Einfluss der Emissionen auf den menschlichen Organismus. So werden luftgetragene Schadstoffe nicht nur dahingehend differenziert, ob sie hirn-, nerven- oder atemwegsschädigend sind, sondern ob sie einatembar (E-Fraktion) oder alveolengängig (A-Fraktion) sind. Hierzu gibt es gesetzliche Grenzwerte gemäß DIN EN 481. Diese liegen nach TRGS (Technische Regel für Gefahrstoffe) 900 für die E-Fraktion bei 10 mg/m³ und für die A-Fraktion bei 1,25 mg/m³.

In den gesetzlichen Bestimmungen der TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) darf eine Gesamtstaub-Massenkonzentration inkl. Feinstaub von 20 mg/m³ vorliegen. Dies gilt aller-

dings nur für gesundheitlich unbedenkliche Stäube und beinhaltet nicht die sogenannten KMR-Stoffe (karzinogen, mutagen, reproduktionstoxisch).

Neben dem möglichen Einfluss auf die Gesundheit von Mitarbeitern in fertigen Unternehmen können luftgetragene Schadstoffe zudem die Maschinenfunktionalität beeinträchtigen – und somit auch für Fehlproduktionen verantwortlich sein – oder aber Produkte verschmutzen. Praktische Beispiele hierfür sind u.a. die Verschmutzung des „Laser-Auges“ oder die Spiegel einer Laser-Anlage durch klebrigen Laser-Staub bzw. das Absetzen von korrosiven Partikeln auf einer elektronischen Baugruppe.

Implikationen für Erfassung und Filterung

Es wurde dargestellt, dass luftgetragene Schadstoffe der Luftströmung annähernd ungestört folgen und sich damit weit ausbreiten können. Außerdem sind die negativen Auswirkungen auf Mensch, Maschine und Produkt bekannt.

Es handelt sich um eine Gefahr, die man nicht in jedem Fall sehen kann. Darüber hinaus treten sie Auswirkungen oft erst zu einem späteren Zeitpunkt ein. Nicht selten wird dieses Thema unzureichend behandelt.

Es ist daher von größter Bedeutung, die Schadstoffe sicher zu erfassen und zu filtern. Insbesondere ist ein hoher Fokus auf den

Erfassungsgrad zu legen, der in der Regel viel zu häufig vernachlässigt wird und nicht die notwendige Beachtung findet. Zu oft wird nur über Filterklassen gesprochen. Der Gesamtwirkungsgrad eines Absaugsystems bemisst sich jedoch aus den Komponenten „Erfassungsgrad“ und „Abscheidegrad“. Die Grafiken zeigen das eindrucksvoll auf.

Die Auslegung der Erfassung ist daher der wichtigste Schritt für eine effiziente Luftreinigung. Dabei ist es wichtig, die Hintergründe ausreichend zu verstehen oder sich entsprechend beraten zu lassen.

Geschlossen, halboffen und offen

Es gibt am Markt unterschiedliche Erfassungseinrichtungen, die man prinzipiell in drei Bauarten bzw. Systeme unterteilt: geschlossen, halboffen und offen.

Geschlossene Systeme umschließen die Emissionsquelle allseitig. Schadstoffe werden durch Absaugöffnungen abtransportiert, Nachströmöffnungen sorgen für den Luftausgleich.

Halboffene Systeme sind Einhausungen der Schadstoffquelle mit einer offenen Seite zum Hantieren und Nachströmen von Umgebungsluft sowie einem Absauganschluss.

Offene Systeme sind Formelemente, die in unterschiedlichsten Varianten angeboten werden. Ihr Einsatz wird durch Form, Geometrie und Material definiert. Sie werden in der Regel auf/an Absaugarmen mon-

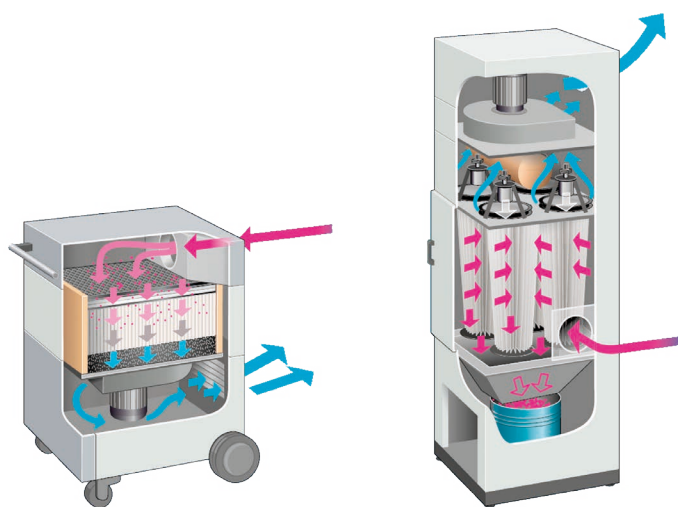
tiert, deren Einsatz ebenfalls durch Schadstoffmenge und -art definiert wird. Richtlinien und Arbeitsplatzsituation bezüglich ESD-, Brand- und Explosionsschutz können spezielle Ausführungen erfordern.

Auch der Durchmesser der Absaugarme und deren Installation – direkt auf der Filteranlage, als Tisch- oder Wandmontage etc. – werden durch ihren praktischen Einsatz definiert. Erfassungselemente können auch an Absaugschläuchen oder -rohren befestigt werden.

Weiter wichtig

Es gibt zudem weitere Aspekte, die bei der Auslegung der Erfassung berücksichtigt werden müssen:

- Arbeitsplatzergonomie: einfache Handhabung und störungsfreies Arbeiten als Voraussetzungen für die Akzeptanz beim Anwender
- ausreichende Dimensionierung der Luftleistung
- Menge der pro Zeiteinheit freigesetzten Gefahrstoffe (Emissionsrate)
- Ausbreitungsrichtung
- Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Abstand von der Emissionsquelle zur Erfassungseinrichtung
- Luftströmungen im Raum und deren Auswirkungen auf das Saugfeld



Filtergeräte mit speichernden (links) vs. abreinigbaren (rechts) Filterelementen

Zur Optimierung des erforderlichen (Erfassungs-)Luftstroms ist die Erfassungseinrichtung

- möglichst nahe an der Emissionsquelle zu positionieren (doppelter Abstand erfordert vierfachen Luftstrom),
- möglichst in der Ausbreitungsrichtung der luftfremden Stoffe anzuordnen und

• der arbeitsbedingt erforderlichen Flexibilität anzupassen.

- Für eine wirksame Erfassung der luftfremden Stoffe
- muss die Geschwindigkeit der Luft im abgesaugten Luftstrom größer sein als die Ausbreitungsgeschwindigkeit der luftfremden Stoffe,

• sind störende Luftströmungen vom Saugfeld der Erfassungseinrichtung mit Abtrennungen im Arbeitsbereich (z.B. Stellwände) fernzuhalten sowie

- unterstützende Luftströmungen im Raum durch die Position der Erfassungseinrichtung zu nutzen.

Außerdem spielen weitere Aspekte, z.B. die Geräuschbildung

an einer Erfassungseinrichtung und die Materialeigenschaften wie elektrische Ableitfähigkeit, Temperatur- und Abrasionsbeständigkeit, eine wichtige Rolle.

Filtrationsprinzipien

Nach der Erfassung der Partikel beginnt der eigentliche Filtrationsprozess. Dabei wird bei filternden Abscheidern prinzipiell in zwei Arten unterteilt: in Filtergeräte mit speichernden oder abreinigbaren Filterelemente.

Absauganlagen mit speichernden Filterelementen werden bei niedrigen Massenkonzentrationen von Partikeln eingesetzt. Sie bieten den Vorteil geringer Investitionskosten und hoher Flexibilität – entstehende Betriebskosten durch Filterwechsel sind zu betrachten.

Absauganlagen mit abreinigbaren Filterelementen finden ihren Einsatz vor allem bei hohen Massenkonzentrationen. Sie bedürfen eines geringen Wartungsbedarfs und erzeugen geringe Energiekosten. Zudem bieten die Filterelemente lange Filterstandzeiten, d.h., sie müssen eher selten getauscht werden.

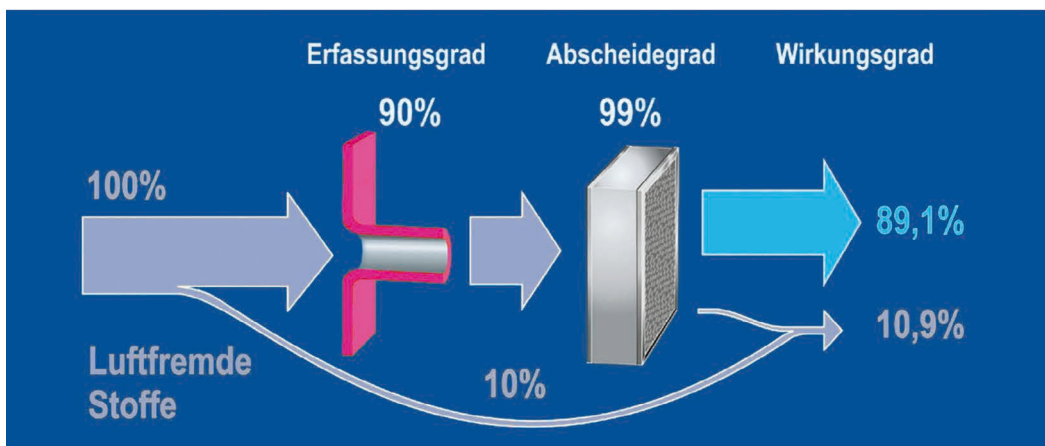
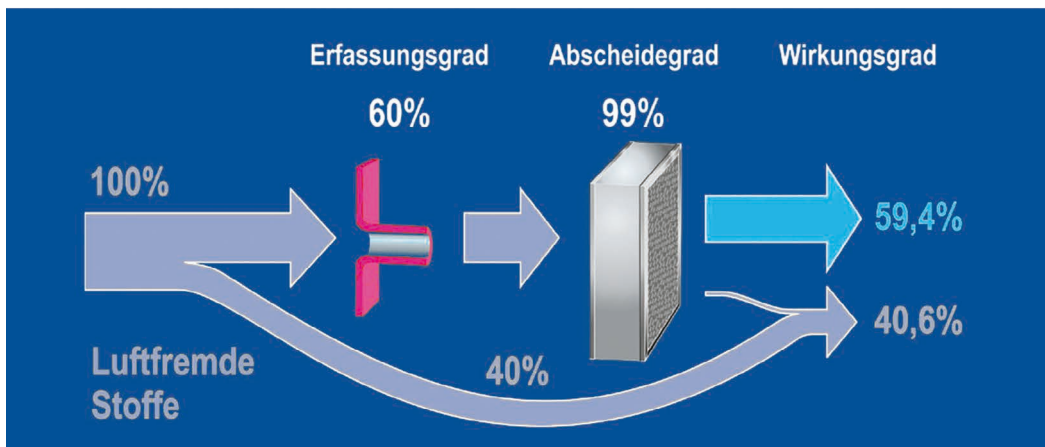
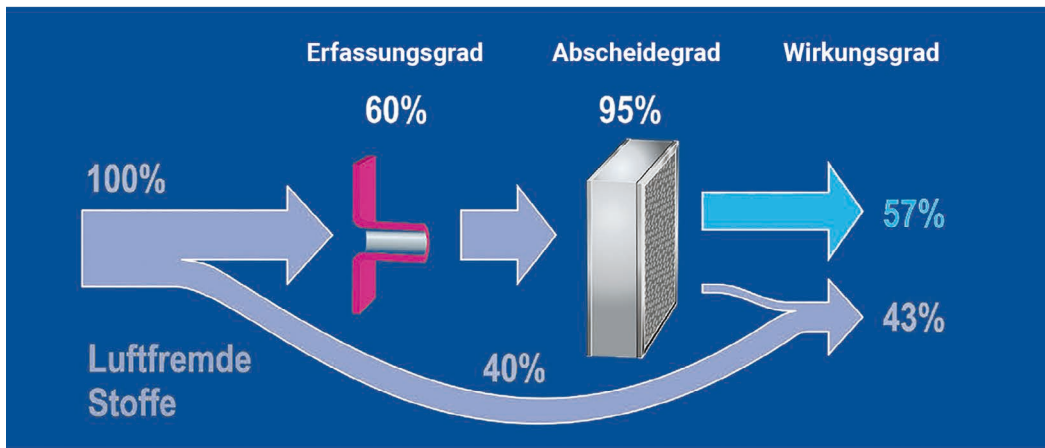
Bei der Auslegung des Gesamtsystems sind noch weitere Aspekte zu beachten, die hier exemplarisch aufgeführt sind. Denn es gilt zu beachten, ob die Stoffe folgende Eigenschaften aufweisen:

- brennbar oder heiß?
- explosionsfähig?
- aggressiv?
- abrasiv?

Es gibt noch weitere wichtige Parameter für die Auslegung und Effizienz eines Absaugsystems. So spielen Stofftransport- und Erfassungsgeschwindigkeiten weitere wichtige Rollen, um eine Absaug- und Filteranlage ökonomisch und nachhaltig zu betreiben.

Die Reise des fliegenden Partikels

... geht also nur zuende, wenn sämtliche Parameter und Einflüsse der richtigen Beseitigung beachtet und in eine Gesamtlösung eingebracht werden. Nur so können luftgetragene Schadstoffe optimal aus der Umgebungsluft in produzierenden Unternehmen beseitigt und Mitarbeiter, Anlagen sowie Produkte nachhaltig geschützt werden. ◀



Abhängigkeit des Wirkungsgrades eines Absaugsystems vom Erfassungs- und Abscheidegrad © VDMA3