

## Luftreinhaltung und Arbeitsschutz in der Elektronikfertigung



Der Gesamtprozess zur Herstellung elektronischer Baugruppen ist von einer Reihe unterschiedlichster Verfahren gekennzeichnet. Entlang der Fertigungskette kommen Technologien zum Schneiden, Bestücken, Löten, Bonden, Kleben, Markieren, Vergießen etc. zum Einsatz, die alle eines gemeinsam haben: Sie produzieren luftgetragene Schadstoffe, die teils erhebliche Auswirkungen auf Mitarbeiter, Fertigungsequipment und Produkte haben können – und aus diesem Grund effektiv und effizient beseitigt werden müssen.



### Warum Absaugen und Filtern?

Luftgetragene Schadstoffe sind eine Zusammensetzung von Partikeln unterschiedlicher Größe und Zusammensetzungen mit wiederum unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften. Am Beispiel Lötrauch soll deren Einfluss auf ihre Umgebung demonstriert werden.

Lötrauch besteht vor allem aus Zersetzungsprodukten von Flussmitteln, Lötwerkstoffen und Rückständen von Reinigungsmitteln, die sich zu klebrigen Aerosolen verbinden können. Diese haben nicht nur negativen Einfluss auf die Gesundheit von Mitarbeitern, sondern können fest haftende Schmutzschichten bilden und somit Produktionsanlagen verunreinigen, was die Fertigungsqualität nachhaltig negativ beeinflusst. Wenn etwa gefertigte elektronische Baugruppen mit klebrigen Stäuben kontaminiert werden, kann dies zu Korrosion der Leiterbahnen führen, was in teilweisem oder sogar komplettem Ausfall der Funktionalitäten resultieren kann.

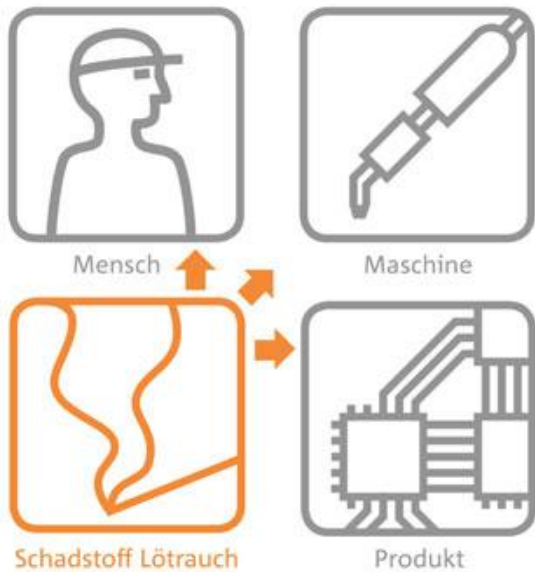


Bild 1: Die dreifache Schadenswirkung von Lötrauch auf Mensch, Maschine und Produkt

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  $10 \text{ mg/m}^3$  und für die A-Fraktion bei  $1,25 \text{ mg/m}^3$ .

In den gesetzlichen Bestimmungen der TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) darf eine Gesamtstaub-Massenkonzentration inkl. Feinstaub von  $20 \text{ mg/m}^3$  vorliegen. Dies gilt allerdings nur für gesundheitlich unbedenkliche Stäube und beinhaltet nicht die sogenannten KMR-Stoffe (karzinogen, mutagen, reproduktionstoxisch).

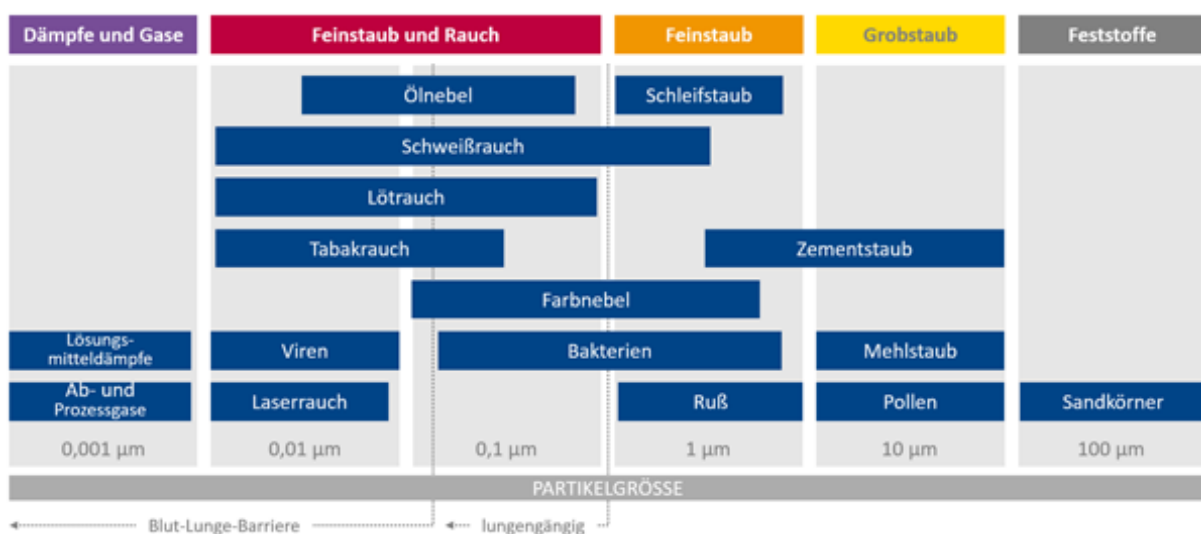


Bild 2: Partikelarten und -größen im Vergleich

## Auftretende Luftschadstoffe und deren optimale Filtration

Luftgetragene Schadstoffe treten an unterschiedlichsten Stellen der Elektronikfertigung auf.

### Lötrauch

Im Fertigungsprozess werden zum größten Teil sogenannte Weichlötverfahren eingesetzt, u.a. Wellen-, Reflow-, Dampfphasen-, Laser- oder Handlöten. Dabei entsteht eine Vielzahl an Gefahrstoffen, z.B. organische Zinnverbindungen, Chlorwasserstoff, Formaldehyd, Acetaldehyd, Acrylaldehyd oder Butyraldehyd. Folgende Lötrauchkonzentrationen wurden beim Handlöten ermittelt:

- Konzentration bei bleihaltigem Lot: ca.  $1\text{ mg/m}^3$
- Konzentration bei bleifreiem Lot: ca.  $1,3\text{ mg/m}^3$

Anteil und Mengen dieser Verbindungen sind abhängig von der Zusammensetzung des Lotes sowie der Löttemperatur.

Bedingt durch die Kombination der Schadstoffe im Lötrauch kommen zur optimalen Abscheidung Kombinationsfilter zum Einsatz. Diese bestehen aus Resublimationsfilter, Partikelfilter in mehreren Stufen sowie Adsorptionsfilter.

Bei größeren Wellenlötanlagen erfolgt eine getrennte Filtration von Fluxer und Lötwellen. Bei der Verwendung von lösemittelhaltigen Fluxmitteln werden Ventilatoren mit Ex-Ausstattung eingesetzt, um Explosionen oder Brände zu vermeiden.

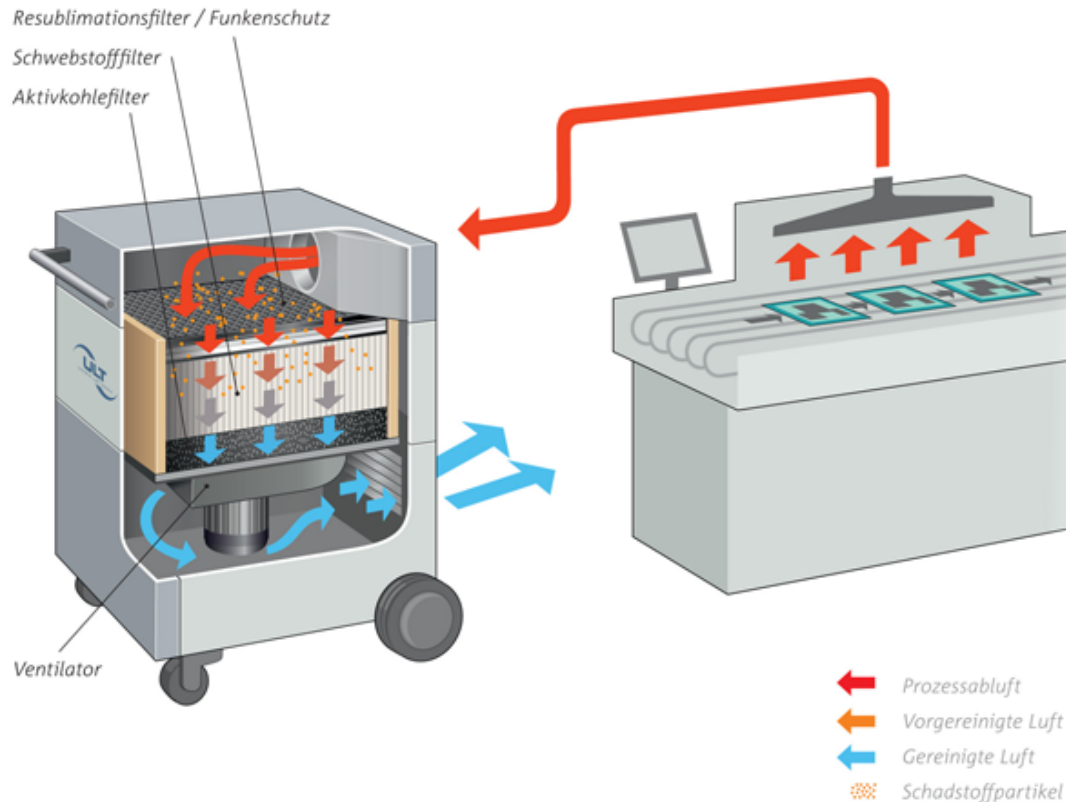


Bild 3: Absauganlage mit Speicher- und Sorptionsfilter zur Abscheidung von Lötrauch und Gerüchen

### *Gase und Dämpfe*

Gase und Dämpfe entstehen u.a. beim Bedrucken, Vergießen, Lackieren, Kleben, Reinigen. Typische auftretende Schadstoffe sind dabei Isopropanol, Toluol, Säuren, Butanol oder Harze.

Die Ermittlung der relevanten Stoffdaten erfolgt über das jeweilige Sicherheitsdatenblatt. Daraus resultierend wird die Art der Filtration festgelegt, wobei in diesem Fall Sorptionstechnologien, d.h. Adsorption mittels Aktivkohle oder Chemisorption mittels chemisch veränderten Adsorbens, eingesetzt werden. Das Sicherheitsdatenblatt gibt zudem Auskunft über die Explosionsgrenzwerte. Sollte die untere Explosionsgrenze nicht sicher unterschritten werden, müssen wiederum Ex-Ventilatoren in der Absauganlage verwendet werden.

### *Stäube*

Stäube entstehen in der Elektronikfertigung etwa beim Trennen, Fräsen, Schleifen, Polieren oder Umfüllen. Typische auftretende Schadstoffe sind dabei Grobstaub, Feinstaub und Gerüche. Trockene Stäube werden in der Regel mittels Patronenfilteranlagen abgeschieden. Die Filterpatronen können abgereinigt und somit über einen relativ langen Zeitraum eingesetzt werden. Alle Stäube sind vor Ihrer Absaugung und Filtration auf Brennbarkeit zu prüfen, da in diesem Fall Ex-Anlagen eingesetzt werden müssen, um dem Arbeits- und Explosionsschutz gerecht zu werden.

### *Laserrauch*

Laserrauch entsteht vor allem beim Beschriften/Markieren, Trennen, Entschichten oder Strukturieren. Typische Schadstoffe sind dabei zum Teil nanoskalige Partikel, aber auch Aerosole und Gase.

Bei der Laserbearbeitung findet durch Pyrolyse, Oxidation, Reduktion bzw. Polymerisation eine Materialumwandlung statt. Dies erfordert spezielle Filterkombinationen. Darüber hinaus wird die Zusammensetzung des Laserrauches durch die Art der Laserquelle und daher dem Energieeintrag bestimmt.

Bedingt durch die Kombination der Schadstoffe im Laserrauch kommen größtenteils Kombinationsfilter zum Einsatz. Diese bestehen - wie schon bei der Lötrauchabsaugung – aus Resublimationsfilter, Partikelfilter in mehreren Stufen sowie Adsorptionsfilter.

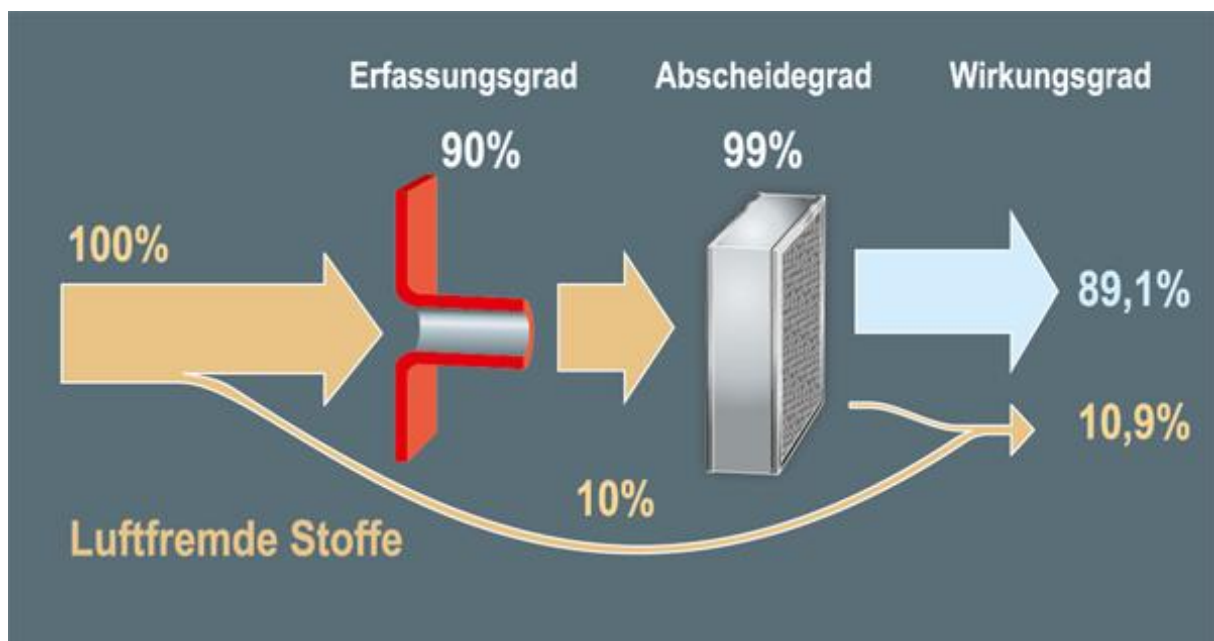
Auf Grund der Verschiedenheit des Laserrauches werden Filter-Geometrien und deren Stufungen dem Anwendungsfall angepasst. Auch abreinigbare Filtersysteme kommen zum Einsatz. Dabei wird unter Zugabe von Filterhilfsmitteln die Abscheidequalität und somit Filtrationsleistung erhöht.

## Erfassung der Luftschadstoffe

Ein wichtiger Aspekt bei der Luftreinigung ist die Erfassung der Luftschadstoffe. Diese erfolgt in der Regel über Absaugarme und montiertem Erfassungselement. Größe und Art werden dabei durch die Schadstoffe selbst, deren Thermik und andere Luftbewegungseinflüsse bestimmt.

Die Höhe der Erfassungsgrades und des Abscheidegrades sind entscheidend für den Wirkungsgrad bzw. die Filtrationsleistung der jeweiligen Absauganlage.

Dabei ist die Nähe zur Emissionsquelle von entscheidender Bedeutung – je näher, desto besser. Nicht nur, um den Großteil aller Partikel zu erfassen bevor diese sich ausbreiten können, sondern auch, um den ökonomischen Aufwand zu minimieren. Es gibt die Faustregel, dass der doppelte Abstand zwischen Emissionsquelle und dem Erfassungselement der mindestens vierfachen Ansaugleistung des Absaug- und Filtersystems bedarf.



*Bild 4: Ein hoher Erfassungs- und Abscheidegrad erhöhen die Luftreinigungsleistung einer Filteranlage*

Der Einsatz des optimalen Erfassungselements, Absaugarmes oder Absaugschlauchs ergibt sich aus der Anwendung selbst. In Fertigungslinien werden Absaug- und Filteranlagen oftmals direkt in Bearbeitungsanlagen, z.B. Lasermarkierer oder Lötssystem, integriert. Die Schadstoffeffassung erfolgt demnach im abgekapselten System und dient vor allem dem Schutz der Anlage selbst sowie dem Produkt.

An Handarbeitsplätzen bieten sich unterschiedliche Varianten an.

So kann ein Filtergerät als zentrale Absaugung eingesetzt werden. Dabei sind die jeweiligen Arbeitsplätze mit Erfassungselementen bestückt, die über Rohre oder Schläuche mit der Anlage verbunden sind. Über Drosselklappen wird der Abluftstrom aktiviert bzw. deaktiviert.

Je nach anfallender Schadstoffmenge kann auch jeder manuelle Arbeitsplatz mit jeweils einer Absauganlage ausgestattet werden. Hier kommen primär mobile Anlagen zum Einsatz, die sich vor allem bei wechselnden Arbeitsplätzen anbieten.

### **Individuelle Auslegung**

In der Elektronikfertigung sind zwar viele Verfahren standardisiert, doch die Vielfalt der eingesetzten und zu bearbeitenden Materialien bedingt oftmals eine individuelle Analyse der Schadstoffsituation. Die Verwendung von unterschiedlichen organischen, anorganischen oder toxischen Stoffen bis hin zur Verwendung von Edelmetallen, deren Recycling bei der Filterauswahl beachtet werden muss, sind nur einige Beispiele für das „normale Unnormale“. Hier stellen Standardlösungen keine Hilfe dar. Die jeweilige Fertigungssituation muss individuell bewertet und eine entsprechende Sonderlösung konzipiert werden. Neben der Absaug- und Abscheideleistung einer Filteranlage kommen zudem weitere Parameter wie Lautstärke, Robustheit oder Platzbedarf ins Spiel. Denn neben reiner Luft möchten Mitarbeiter nicht bei ihren täglichen Aufgaben gestört oder behindert werden.