

Kurzleitfaden zur Risikominimierung bei Aerosolbildungen

TEGEWA AG Finishing, 2026

In vielen Bereichen des textilen Produktionsprozesses sind Sprühanwendungen üblich bzw. ist eine Aerosolbildung möglich, von Anwendungen bei der Herstellung von Synthefasern, in der Vorbehandlung, Färberei, im Druck (speziell Digitaldruck), im Finishing, teilweise bei Beschichtungen bis hin zur Garment-Veredlung. Im Garment und im textilen Finishing ist ein Trend zur Sprühapplikation deutlich erkennbar, bei letzterem unter anderem begründet durch gezielte Behandlung spezifischer Textilflächen/-teile im Vergleich zu Ausrüstung des Gesamttextils, einfache Handhabung ohne großen Maschinenpark, kurze Prozesszeiten und somit Energieeinsparung beim Trocknen im Vergleich zur Foulardapplikation oder von Klotzverfahren.

Beim Sprühen kommt es jedoch unweigerlich zur Bildung von Aerosolen. Gleiches gilt an den Sprühköpfen für den Digitaldruck oder beim Spinnen von Synthefasern an schnellaufenden Abzugs- bzw. Umlenkrollen nach dem Auftragen von Spinnpräparationen. Durch die geringe Teilchengröße der gebildeten Aerosoltröpfchen sind diese in der Regel lungengängig und können häufig auch bis tief in die Lunge / Lungenbläschen gelangen. Das Einatmen der Aerosole kann unter Umständen – auch wenn in den gebildeten Aerosolen keine gefährlichen Stoffe enthalten sind – zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen.

Der vorliegende Leitfaden soll eine erste, kurze Anleitung mit Maßnahmen zur Risikovermeidung und -minimierung im Bereich des textilen Produktionsprozesses mit Blick auf die Aerosolbildungen bieten. Weitere Maßnahmen und eine detaillierte Umsetzung sind in jedem Fall mit der firmeninternen Arbeitssicherheitsabteilung abzustimmen.

A. Umwelt- und Arbeitsschutzmaßnahmen

Die volle Beteiligung aller Mitarbeiter ist der effektivste Weg, um ein sicheres Arbeitsumfeld zu schaffen – dies gilt nicht nur für Aerosole, sondern grundsätzlich.

Risikomanagementmaßnahmen sollten immer auf einer **Hierarchie der Kontrollen** basieren. Das bedeutet, dass die Exposition in erster Linie durch **Eliminierung oder Substitution der Gefahr** verhindert werden sollte. Wenn dies nicht möglich ist, sollte die **Exposition durch Isolierung der Gefahr** oder durch **technische Kontrollen** und/oder **Design** reduziert werden. Zusätzlich können administrative Kontrollen wie die Einführung **sicherer Arbeitspraktiken und -verfahren** angewandt werden.

Die **Verwendung gefährlicher Stoffe** erhöht das Risiko gesundheitlicher Beeinträchtigungen zusätzlich bei der Bildung von Aerosolen. Eine Maßnahme zur Reduzierung der Gefahren und Risiken bei der Bildung von Aerosolen ist daher die primäre Prüfung, ob die verwendeten gefährlichen Stoffe durch weniger gefährliche oder ungefährliche Stoffe **substituiert** werden können.

Technische Maßnahmen gehören immer zu den ersten Schritten für ein umfassendes Risikomanagement bei Sprühapplikationen:

- **Geschlossene Systeme / Einhausung:** Die effektivste Maßnahme zur Vermeidung einer Aerosolexposition, falls eine Aerosolbildung unvermeidbar ist, ist das Arbeiten in geschlossenen Systemen (z.B. Sprühkabinen) oder die Einhausung der entsprechenden Maschinenteile, in denen die Aerosolbildung entsteht.
- **Applikationsapparate:** Falls möglich Verwendung von Sprührobotern.
- **Dichtheit des Applikationssystems prüfen:** Stellen Sie sicher, dass das Applikationssystem keine Lecks aufweist. Regelmäßige Wartung und Inspektion sind entscheidend.
- **Geeignete Düsen verwenden:** Wählen Sie Düsen, die eine gleichmäßige Verteilung ermöglichen und die Bildung von feinen, kleinsten Aerosolen minimieren.
- **Optimierung der Sprühparameter; Druckeinstellung:** Stellen Sie den Sprühdruck so ein, dass die Tropfengröße optimiert und die Aerosolbildung minimiert wird.
- **Sprühwinkel und -abstand:** Passen Sie den Sprühwinkel und den Abstand zur Oberfläche an, um eine gleichmäßige Beschichtung zu gewährleisten und überschüssige Aerosole zu vermeiden.
- **Lüftungssysteme:** Installieren Sie effektive Lüftungssysteme, um ggf. gebildete Aerosole aus der Luft zu entfernen und die Exposition für die Arbeiter zu reduzieren. Zur **Effizienz von Lüftungssystemen:** Die Behandlung von Abluft, die mit Aerosolen kontaminiert ist, hängt ab von:
 - **der Art der Anlage und/oder Ausrüstung:**
 - z. B. offene vs. geschlossene Systeme, Laborabzüge, Reaktoren, Sprühanlagen
 - dies bestimmt, ob punktuelle Erfassung (Quelle) oder Raumlüftung notwendig ist
 - **dem Grad der Kontamination:**
 - niedrige Belastung: ggf. Verdünnung durch Frischluft ausreichend
 - mittlere bis hohe Belastung: technische Maßnahmen erforderlich (z. B. HEPA-Filter, Abscheider, Nasswäscher)
 - bei Gefahrstoffen: Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten sicherstellen
 - **dem Ort, an dem die Abluft abgeführt wird:**
 - direkte Ableitung ins Freie: ausreichende Verdünnung und sichere Austrittsposition (z. B. Dachniveau, Abstand zu Ansaugöffnungen)
 - Umluftbetrieb: nur zulässig bei ausreichender Filtration und ohne Gefährdung (geprüfte Rückführung)
 - Umgebungsschutz beachten (Nachbarschaft, Emissionsgrenzwerte)
- **Reinigung von Maschinen und Ersatzteilen:**
 - Auch beim Reinigen von Maschinen und Ersatzteilen kann es zur Aerosolbildung kommen. Das Reinigen von Ersatzteilen findet häufig in Teilwaschstationen statt.
 - Im Allgemeinen ist die Teilwaschstation ein geschlossener Bereich, in dem Ersatzteile und andere Ausrüstungen gereinigt werden. Es handelt sich um einen isolierten Raum mit ausreichender Abluft. Ersatzteile sollten in einem starren, festwandigen Behälter zur Reinigungsstation transportiert werden, um unbeabsichtigte Produktfreisetzungen bzw. Aerosolbildungen zu minimieren.

Der Bereich sollte Anforderungen ähnlich einem isolierten Entladebereich erfüllen,

indem er im Vergleich zum Rest der Anlage unter Unterdruck steht. Im Raum sollte persönliche Schutzausrüstung (PSA) gemäß Ihrer Anlagenmatrix getragen werden, um sich vor Produktverspritzungen beim Abwaschen zu schützen. Da die Reinigung unter Umständen ein Vorgang mit hohem Potenzial für Aerosolexposition ist, muss als Schutzmaßnahme Atemschutz getragen werden. Kaltwasser mit niedrigem Druck wird, wann immer möglich, zur Reinigung verwendet. Der Einsatz von heißem oder Hochdruckwasser sollte minimiert werden, da hierbei hohe Aerosolwerte erzeugt werden. Wasser aus der Teilereinigung läuft über den geeigneten Boden des Raums ab und wird in das Abwassersystem der Anlage geleitet.

Der **Arbeitsschutz** ist eine weitere, wichtige Säule zur Expositionsvermeidung. Die meisten Länder haben bereits Gesetze bezüglich der Konzentration von Partikeln, die in die Außenluft abgegeben werden dürfen, festgelegt. Diese gesetzlichen Anforderungen bezüglich der Entlüftung von Abluft sind in jedem Fall einzuhalten. Der vorliegende Leitfaden gibt ein paar zusätzliche praktische Umsetzungshilfen.

- **Luftaustausch:** Regelmäßiger, vor allem häufiger Luftaustausch am Arbeitsplatz, verringert die Exposition der Arbeitnehmer gegenüber Aerosolen.

Die meisten lokalen Abluftsysteme werden gemäß den lokalen Umweltvorschriften direkt nach außen abgeführt. Sollte die Abluft absichtlich wieder in den Arbeitsplatz zurückgeführt werden, ist eine **zusätzliche Filterung** erforderlich, um die Rückführung von Aerosolen in die Arbeitsumgebung zu verhindern. In diesem Fall gilt die HEPA-Filterung (mindestens H14 gemäß EN 182220) als Mindeststandard, da nur HEPA-Filter die kleinsten Partikel aus der Luft entfernen können. HEPA-Filter werden normalerweise von einem oder zwei Vorfiltern begleitet, um die größeren Partikelgrößen zu entfernen. Hierdurch wird verhindert, dass der HEPA-Filter verstopft, und somit die Lebensdauer des Filters verlängert. Dies ist typisch für die notwendige Filterung einer Laminar-Downflow-Kabine, die Luft in die Arbeitsumgebung zurückführt.

- **Persönliche Schutzausrüstung (PSA):** Die letzte Maßnahme zur Reduzierung der Exposition ist die Verwendung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (PSA): Stellen Sie immer sicher, dass die Arbeiter dem Arbeitsumfeld und der Tätigkeit angepasste, geeignete PSA wie Atemschutzmasken und Schutzkleidung tragen.

- **Verwendung von Atemschutzgeräten (RPE):**

Unter normalen Betriebsbedingungen sollte die Verwendung von RPE immer als sekundärer Schutz in Betracht gezogen werden, wenn eine Risikobewertung gezeigt hat, dass trotz technischer Kontrollen eine kritische Exposition möglich ist. Dies ist z. B. in folgenden Fällen gegeben:

- Notwendige Wartungen im laufenden Betrieb („Online“-Wartung)
- Umgang mit geringen, unbeabsichtigten Produktfreisetzungen bzw. Aerosolbildungen
- Reinigung (vor allem von abgeschlossenen Systemen mit z.B. Dampfreinigern, Sandstrahlen, Laseranwendung, etc.)
- Qualitätsprobenahme im laufenden Betrieb

RPE sollte auch verwendet werden, wenn aufgrund eines Ausfalls einer kritischen technischen Kontrolle ein erhebliches Risiko einer Spitzenexposition besteht.

Während der Fehlersuche kann RPE als primärer Schutz erforderlich sein. In diesem Fall sollte der Standard von RPE durch eine Risikobewertung für die Aufgabe, einschließlich des wahrscheinlichen Expositionsniveaus, ermittelt werden. Abnormale Situationen umfassen:

- Großer Ausfall der Eindämmung oder Kontrolle
- Wartung oder Reparatur kontaminierter Anlagen und Ausrüstungen
- **Dekontamination von Anlagen und Ausrüstungen**

[Standards für Atemschutzgeräten \(RPE\) → s. Anlage](#)

B. Regelmäßige Schulungen und Überwachung

Schulungen:

Schulungen sind ein Schlüsselement, um Bewusstsein und Kompetenz bei Sicherheitsfragen zu erhöhen. Führen Sie entsprechend regelmäßige Schulungen für die Mitarbeiter durch, um das Bewusstsein für die Risiken und die richtigen Handhabungstechniken zu schärfen.

Die Schulung zum Sicherheitsmanagement am Arbeitsplatz sollte Beinahe-Unfälle und Unfalluntersuchungen sowie Meldeverfahren für diese Ereignisse einschließen. Das Lernen aus solchen Vorfällen ist ein Schlüsselement für die Entwicklung eines sichereren Arbeitsplatzes für alle.

Die chemikaliensicherheitsbezogene Schulung sollte Informationen über die richtigen Arbeitsmethoden mit Chemikalien, spezifische Gefahren und den Schutz vor diesen Gefahren, beispielsweise durch persönliche Schutzausrüstung, umfassen. Auch die Warnhinweise auf chemischen Produktetiketten sowie mögliche Kreuzreaktionen von Chemikalien am Arbeitsplatz sollten geschult werden.

Im Falle eines Unfalls sollten Notfallmaßnahmen geschult werden.

Alle notwendigen Informationen für die arbeitsplatzspezifische chemische Sicherheitsschulung finden sich im Sicherheitsdatenblatt (SDS) jedes verwendeten Produkts.

Nach der **Grundschulung** sollte eine **spezifischere Schulung** für die jeweilige Aufgaben im Arbeitsbereich und am Arbeitsplatz erfolgen. Diese sollte auch die Verwendung und Wartung der persönlichen Schutzausrüstung (PSA) umfassen: zum Beispiel, wie man sich richtig an- und auszieht, die PSA reinigt und ordnungsgemäß aufbewahrt, und die Schlüsselemente zur Wartung der PSA, einschließlich Reinigung und Überprüfung ihres Zustands auf Abnutzung. Nach der Schulung zur PSA ist es wichtig, dass jeder die Möglichkeit erhält, die Wirksamkeit und das tatsächliche Schutzniveau der Ausrüstung zu testen. Dies kann durch Passformtests der Atemschutzgeräte und Übungen in einer kontrollierten Umgebung erfolgen.

Eine regelmäßige Auffrischung der Schulungen ist notwendig.

Das Schulungsprogramm des Unternehmens sollte regelmäßig überprüft werden, insbesondere wenn wesentliche Änderungen an den Prozessen vorgenommen werden. Risikobewertungen sollten auch neues Schulungsmaterial liefern, wenn etwas Neues beobachtet oder etwas im Prozess geändert wurde.

Überwachung:

Implementieren Sie ein Überwachungssystem, um die Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen und der Schulungen zu gewährleisten und potenzielle Probleme frühzeitig zu erkennen.

C. Dokumentation und kontinuierliche Verbesserung**Dokumentation:**

Halten Sie alle Inspektionen, Wartungen und Schulungen schriftlich fest.

Verbesserung:

Überprüfen und aktualisieren Sie regelmäßig die Sicherheitsmaßnahmen und Schulungsinhalte, um neue Erkenntnisse und Technologien zu integrieren.

Durch die Implementierung dieser Maßnahmen können Sie die Risiken der Aerosolbildung bei Sprüh-Applikationen und anderen Applikationstechniken bzw. Prozessen mit Aerosolbildung im textilen Produktionsprozess erheblich reduzieren und sowohl die Gesundheit der Mitarbeiter als auch die Qualität der Produkte schützen.

Anlage

Standards für Atemschutzgeräte (RPE)

Alle Mitarbeiter, die Atemschutzgeräte verwenden müssen, müssen ausreichend in deren Auswahl, Verwendung und Wartung geschult sein.

In einigen Ländern ist es gesetzlich vorgeschrieben, dass der Betriebsarzt sie als medizinisch fit für das Tragen und Verwenden von Atemschutz bewertet.

Die Auswahl geeigneter RPE hängt von der Aufgabe, dem potenziellen Expositionsniveau und davon ab, ob RPE als primärer oder sekundärer Schutz erforderlich ist. Die **Tragezeit** von RPE sollte ebenfalls berücksichtigt werden, ebenso wie **Komfort**, **Passform** und **Kompatibilität** mit anderer PSA. Hierdurch soll verhindert werden, dass Probleme auftreten, die zu falscher Verwendung oder Missbrauch führen könnten.

Das ausgewählte Atemschutzgerät muss einen zugewiesenen **Schutzfaktor** (APF) haben, der für die jeweilige Arbeitsplatzexposition ausreichend ist. Um zu ermitteln, ob der Schutzfaktor des ausgewählten Atemschutzgerätes ausreichend für die jeweilige Tätigkeit am entsprechenden Arbeitsplatz ist, teilen Sie die Luftkontaminationskonzentration durch den Arbeitsplatzgrenzwert (OEL oder DMEL), um ein Gefährdungsverhältnis zu erhalten. Wählen Sie dann ein Atemschutzgerät mit einem APF, der größer oder gleich diesem Gefährdungsverhältnis ist. Es wird empfohlen, die relevanten EN-Standards für RPE einzuhalten (siehe z. B. EN 529:200522 für APF verschiedener Atemschutztypen und je nach Land).

Es wird dringend empfohlen, vor der Verwendung eines Atemschutzgerätes einen **Passformtest** durchzuführen.

Die erforderliche Effizienz, um den notwendigen Schutz zu bieten, sollte durch eine Risikobewertung für die jeweilige Aufgabe bestimmt werden.

Der Mindeststandard sollte P3SL für sowohl Staub (S) als auch Aerosol (L) sein. Wenn von einem höheren RPE-Standard die Rede ist, muss dieser als System betrachtet werden. TM1, TM2, TM3 sind die Grade für Masken (PAPR mit enganliegender Maske gemäß EN 12942)²³. Und TH1, TH2, TH3 sind die Begriffe für Hauben/Helme (PAPR mit Haube oder Helm gemäß EN 12941)²⁴. Auch dies sollte durch eine Risikobewertung bestätigt werden. Für den primären Schutz während der Fehlersuche wird ein höherer RPE-Standard erforderlich sein. Wenn festgestellt wird, dass ein höherer Schutz erforderlich ist oder aufgrund der Dauer der Aufgabe der Komfort ein Problem darstellen könnte, sollte ein Atemschutzgerät mit Überdruck verwendet werden. Wir verweisen auf die EN 529-200525 für weitere Anweisungen.

Wenn normale oronasale Gesichtsmasken nicht verwendet werden können, weil der Mitarbeiter erheblichen Gesichtshaarwuchs hat und daher eine gute Gesichtsdichtung gegen die Haut nicht erreicht werden kann, sollte ein Atemschutzgerät mit **Überdruck** verwendet werden, wie z. B. ein PAPR. RPE sollte mit jeder anderen bereitgestellten Schutzausrüstung kompatibel sein, wie z. B. Schutzbrillen, Sicherheitsbrillen, Gehörschutz usw.