

Emissionen von Druckern und Kopierern am Arbeitsplatz

Diese Stellungnahme enthält eine Übersicht zu Emissionen von Druckern und Kopierern sowie Tonerstäuben am Arbeitsplatz. Es wird der derzeitige Kenntnisstand zu möglichen aus diesen Emissionen resultierenden gesundheitlichen Wirkungen beschrieben. Eine mögliche Krebs erregende Wirkung durch in die tiefen Atemwege gelangte unlösliche Feinstäube wird im Hinblick auf die Risikoabschätzung als entscheidend angesehen. Die Belastungsdaten an Büroarbeitsplätzen weisen darauf hin, dass ein mögliches Risiko im derzeit akzeptablen Bereich liegt und zusätzliche Schutzmaßnahmen in der Regel nicht ergriffen werden müssen. Durch individuelle Arbeitsschutzmaßnahmen lässt sich auch für Servicetechniker und Recyclingbetriebe die Belastung auf das derzeit akzeptable Niveau reduzieren.

1 Wirkpotenzial

Zur Wirkung von Emissionen von Druckern und Kopierern sowie von Tonerstäuben auf den Menschen liegen nur wenige Untersuchungen vor. Zunächst werden Erfahrungen in den Blick genommen, bei denen Menschen gegenüber Tonerstaub exponiert waren.

Eine epidemiologische Querschnittsstudie mit tonerexponierten Industriearbeitern und Servicetechnikern ergab keine Zusammenhänge zwischen Tonerexposition und gesundheitlichen Beeinträchtigungen im Bereich der Lungen, was allerdings auch auf methodische Schwächen des gewählten Studiendesigns zurückzuführen sein könnte (Nakadate et al. 2006). Über den Beginn einer Kohortenstudie mit 803 exponierten Beschäftigten einer Tonerfabrik in Japan berichten Terunuma et al. (2009) und Kitamura et al. (2009). Die bisherigen Ergebnisse deuten auf eine leichte Überhäufigkeit subjektiver Atemwegsbeschwerden bei den Exponierten hin. Weitere Untersuchungen der Kohorte müssen abgewartet werden.

Einzelne ärztliche Fallberichte zeigen, dass es offenbar Personen gibt, deren Atemtrakt bei einem Toner-Provokationstest, also durch eine gezielte Exposition mit ansteigenden Tonerstaubkonzentrationen, messbar überempfindlich reagiert (Wittczak et al. 2003, Zina et al. 2000, Muñoz et al. 2007).

In einer Fall-Kontroll-Studie von Rybicki et al. (2004) wurde ein gemeinsames Auftreten höherer Druckeremissionen/

Tonerexposition und Sarkoidose, einer seltenen Erkrankung mit vorwiegender Beteiligung der Lunge, nachgewiesen. Die mutmaßlichen Expositionshöhen wurden durch Befragung der Studienteilnehmer abgeschätzt, Luftschadstoffmessungen lagen keine vor. Vor dem Hintergrund der Art der Datenerfassung interpretieren die Autoren der Studie das Ergebnis einschränkend als Hinweis auf einen etwaigen Effekt und als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen.

Neben der korrekten Bestimmung der Belastungshöhe ergibt sich eine weitere prinzipielle Schwierigkeit bei epidemiologischen Beobachtungsstudien aus der Abgrenzung der Krankheitsbilder, nach deren Überhäufigkeiten bei Exponierten zu fahnden wäre. Genau dieses Ziel der Abgrenzung eines Krankheitsbildes wurde in einer Pilotstudie (Mersch-Sundermann 2007) verfolgt, die das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) 2006 in Auftrag gegeben hatte. Eine nicht repräsentative Gruppe von Büroangestellten, die über Beschwerden in Zusammenhang mit Druckeremissionen klagten, wurde im Vergleich zu beschwerdefreien Büroangestellten durch Befragung und auch klinisch untersucht. Für den Lungenfunktionsparameter FEV₁ ergab sich kein Unterschied zwischen den Gruppen. In einer Untergruppe von 11 Beschwerdeträgern wurden vertiefende Lungenfunktionstests durchgeführt, wovon der unspezifische bronchiale Reaktivitätstest positive Ergebnisse bei sieben der elf Personen zeigte. Dem Wesen dieser Pilotstudie entspricht es, dass aus ihr keine Erkenntnisse hinsichtlich

der Wirkung von Druckeremissionen gewonnen werden konnten. Ein Ergebnis dieser Untersuchung ist daher lediglich die Empfehlung, das Krankheitsbild des sogenannten „Sick-Building-Syndroms“¹ und bestimmte Atemwegserkrankungen als sogenannte Endpunkte für eine gegebenenfalls später noch vorzunehmende epidemiologische Studie zu wählen.

Auf der Grundlage der oben schon erwähnten Pilotstudie und der verfügbaren Literatur hat das BfR eine Bewertung der Risiken durch Druckeremissionen in Büros vorgenommen (BfR 2008). Die Häufigkeit des Auftretens gesundheitlicher Beeinträchtigungen wurde als gering eingeschätzt. Schwerwiegende Gesundheitsschäden seien von Ärzten bisher nicht beobachtet worden. Aufgrund der Meldungen bei der Interessengemeinschaft Tonerbeschädigter und Abschätzungen der Exponiertenzahlen anhand von Verkaufszahlen der Druckerhersteller wurde die Zahl von Verdachtsfällen orientierend auf 1,1 pro 10.000 Exponierte geschätzt.

Um Vermutungen über gesundheitsschädliche Wirkungen von Druckeremissionen auf Bürobeschäftigte zu bestätigen, müsste eine riesige Anzahl von Probanden klinisch und hinsichtlich ihrer Exposition untersucht werden. Nur so hätte man eine Chance einen eventuell existierenden Zusammenhang aufzudecken. Bei der Frage, ob sich dieser Aufwand lohnt, ist es hilfreich, sich vorzustellen, diese Studie läge bereits vor und hätte tatsächlich einen Zusammenhang zwischen Druckeremissionen und dem Sick-Building-Syndrom, asthmaähnlichen Atemwegserkrankungen oder vielleicht auch der Sarkoidose aufgedeckt. Es erscheint sehr fraglich, ob man selbst in dieser Situation andere vorsorgliche Maßnahmen vorschlagen würde, als sie bereits jetzt etwa durch das BAuA-Faltblatt (siehe 4.1) empfohlen werden.

Erfahrungen beim Menschen weisen bisher nicht auf besondere Gesundheitsgefährdungen hin.

Wie andere im Körper unlösliche Feinstäube (z. B. Industriestaub) hat auch ein Tonerstaub in tierexperimentellen Untersuchungen an der Ratte nach Verabreichung über die Luftröhre (intratracheale Instillation) dosisabhängig Lungentumoren verursacht (Pott & Roller 2005, Roller 2008). In Langzeitinhalationsstudien mit Ratten haben Tonerstäube nur zu einer geringfügigen Erhöhung der Lungentumorhäufigkeit geführt oder keine Lungentumore verursacht (Muhle et al. 1991, Morimoto et al. 2005). Dies steht nicht im Widerspruch zu den Tumorbefunden in Experimenten mit intratrachealer Verabreichung, da in den Inhalationsstudien niedrige Expositionskonzentrationen vorlagen, die Erhöhungen an Lungentumoren teilweise grenzwertig statistisch signifikant waren, die Versuchsgruppen zu kleine Tierzahlen hatten oder eine zu kurze Beobachtungszeit gewählt wurde. Insgesamt ist lungengängiger Tonerfeinstaub somit ein krebserzeugendes Potenzial nach Inhalation zuzuordnen, auch wenn Tonerstäube heute formal noch nicht als Krebs erregend eingestuft sind. Ähnliches gilt für andere ähnliche Stäube, für die ebenfalls positive Befunde aus Langzeitinhalationsstudien mit Ratten vorliegen (Übersicht in Nikula 2000).

¹ Das Sick-Building-Syndrom ist ein Beschwerdekomples, der Reizungen an Haut, Augen und Schleimhäuten umfasst sowie Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen und Atembeschwerden und vor allem auf klimatisierte Räume bezogen ist.

Tierversuche zeigen, dass Tonerstäube ein krebserregendes Potential aufweisen. Sie sind aber formal noch nicht eingestuft.

2 Exposition-Risiko-Beziehung

Eine mögliche Krebs erregende Wirkung durch in die tiefen Atemwege (die Lungenalveolen) gelangte unlösliche Feinstäube wird im Hinblick auf die Risikoabschätzung als entscheidend angesehen. Größere Staubpartikel gelangen nicht in die empfindlichen tiefen Bereiche der Atemwege und gelten daher als nicht Krebs erregend. Es wird davon ausgegangen, dass es derzeit nicht möglich ist, mit ausreichender Sicherheit einen Schwellenwert für die Krebs erregende Wirkung von Tonerstäuben und anderen ähnlichen Stäuben abzuleiten. Der Verlauf der Exposition-Risiko-Beziehung unterhalb des experimentell beobachtbaren Bereichs ist letztlich unbekannt. Für Tonerstäube ist eine Risikoabschätzung auch für niedrige Expositionen publiziert worden (Roller 2006). Vergleichbare Auswertungen wurden bisher für andere ähnliche Stäube nicht veröffentlicht. Die Daten weisen jedoch darauf hin, dass Wirkprinzip und Stärke der Krebs erregenden Wirkung für alle diese Stäube vergleichbar ist. Im Rahmen dieser Stellungnahme wird daher davon ausgegangen, dass die Risikoabschätzung für Toner auf andere im Körper unlösliche Feinstäube übertragen werden kann. Dies ist relevant, da die Staubexposition an Büroarbeitsplätzen durch Emissionen von Druckern und Kopierern nur zu geringem Anteil aus Tonerstaub besteht (siehe 3.1.1). Das von Roller (2006) für die tierexperimentellen Daten zur intratrachealen Verabreichung von Tonerstäuben verwendete mathematische Exposition-Risiko-Modell wurde als geeignet eingeschätzt. Unter Berücksichtigung der Wirkstärkeunterschiede nach Inhalation und intratrachealer Verabreichung und der Dichte der Tonerpartikel wurde ein spezifisches Arbeitsplatzrisiko (Exposition ca. 40 Jahre; 40 Stunden pro Woche) von $7 : 1.000.000$ pro $\mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Es bezieht sich auf Tonerpartikel der (Lungen-) Alveolen gängigen Fraktion (A-Staub-Fraktion; aerodynamischer Durchmesser $D_{50} < 4 \mu\text{m}$). Bei dieser Abschätzung wurde angenommen, dass sich die Exposition-Risiko-Beziehungen für Ratte und Mensch nicht wesentlich unterscheiden.

Die abgeschätzte Risikohöhe kann mit dem Konzept des Ausschusses für Gefahrstoffe zu Risiken durch krebserzeugende Stoffe bewertet werden.

Für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen hat der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales folgende stoffübergreifende Risikogrenzen beschlossen (2008): ein Akzeptanzrisiko übergangsweise von $4 : 10.000$ (frühestens 2013, spätestens aber ab 2018 von $4 : 100.000$) unterhalb dessen ein Risiko akzeptiert und oberhalb dessen ein Risiko unter Einhaltung der im Maßnahmenkatalog spezifizierten Maßnahmen toleriert wird, sowie ein Toleranzrisiko von $4 : 1.000$ oberhalb dessen ein Risiko nicht tolerabel ist. Die Risiken beziehen sich auf eine Arbeitslebenszeit von 40 Jahren bei einer kontinuierlichen arbeitstäglichen Exposition.

Ein Akzeptanzrisiko 4 : 10.000 bedeutet, dass von 10.000 während des gesamten Arbeitslebens exponierten Personen möglicherweise vier erkranken.

Für alveolengängigen Tonerstaub ergeben sich durch lineare Umrechnung des spezifischen Arbeitsplatzrisikos entsprechend dem AGS-Konzept folgende Konzentrationswerte: Toleranzrisiko bei $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Akzeptanzrisiko derzeit bei $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und frühestens 2013, spätestens aber ab 2018 bei $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Das Akzeptanzrisiko liegt bei einer Belastung von 60 Mikrogramm alveolengängiger Tonerstaub (A-Staub) pro Kubikmeter Raumluft, es wird in 2018 abgesenkt auf 6 Mikrogramm.

3 Exposition an Arbeitsplätzen

3.1 Zusammensetzung der Emissionen aus Laserdruckern und Kopierern

3.1.1 Stoffliche Bestandteile

Wichtige Bestandteile der Tonerpartikel sind thermoplastische Kunststoffe (Polymere), eingebundene Pigmente aus Ruß oder andere Farbpigmente, magnetisierbare Metalloxi- de (Hohensee et al. 2002) sowie Trennmittel (z. B. sehr feine Stäube aus amorphem Siliziumdioxid) (Nies et al. 2002). In Prüfkammeruntersuchungen und an Büroarbeitsplätzen konnte gezeigt werden, dass beim Betrieb von Laserdruckern feine und ultrafeine Aerosole freigesetzt werden können. Es muss hervorgehoben werden, dass es sich bei den Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten gemäß Tang et al. (2010) und weiteren Veröffentlichungen (BfR 2008, Wilke et al. 2008, Morawska et al. 2009) um komplexe Gemische aus flüchtigen Verbindungen und Stäuben (u. a. auch Papierstaub) handelt, die häufig nur zu einem sehr geringen Anteil Tonerpartikel enthalten. Morawska et al. (2009) quantifizieren den flüchtigen Anteil der ultrafeinen Partikelfraktion mit 90 - 99%. Die Streubreite der veröffentlichten Messwerte für einzelne organische Verbindungen ist zwischen den verschiedenen Veröffentlichungen (Lee et al. 2006, Stefaniak et al. 2000, Smola et al. 2002, Tang et al. 2010, BfR 2008, Wilke et al. 2008, Morawska et al. 2009) extrem hoch. Daher fällt eine allgemeingültige Quantifizierung dieser einzelnen Verbindungen schwer.

3.1.2 Quantitative Daten aus experimenteller Untersuchung

In einer im Juli 2010 (Tang et al.) vorgelegten Studie, wurden im Prüfkammerverfahren 5 unterschiedliche Laserdrucker untersucht. Dabei wurden beim Druckbetrieb maximale Feinstaubkonzentrationen (aerodynamischer Durchmesser $D_{50} < 10 \mu\text{m}$) von $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

3.1.3 Quantitative Daten zur Exposition an Büroarbeitsplätzen

Untersuchungen von Fiedler et al. (2009) haben gezeigt, dass es nicht nur unter Prüfkammerbedingungen, sondern auch unter Realraumbedingungen durch den Betrieb von Laserdruckern zu einer nachweisbar erhöhten Partikelanzahlkonzentration in der Raumluft kommen kann. Es wurde festgestellt, dass die Partikelanzahlkonzentration unter realen Bedingungen (übliche Nutzung der Räume) auch im Falle der Nutzung baugleicher Drucker unter gleichen Druckbedingungen eine erhebliche Schwankungsbreite aufweisen kann. Die Höchstwerte der gemessenen Partikelanzahlkonzentrationen (aerodynamischer Durchmesser $D_{50} 10 \text{ nm} - 1 \mu\text{m}$) in 8 untersuchten Büroräumen lagen unterhalb von $4.000 \text{ Partikel}/\text{cm}^3$. In der Außenluft vor dem Bürogebäude wurden zeitgleich mehr als $8.000 \text{ Partikel}/\text{cm}^3$ gemessen. Die Studie kommt daher zu dem Ergebnis, dass die Partikelbelastung, die durch den Druck induziert wird, im Vergleich zur ebenfalls untersuchten Außenluft eher gering ausfällt.

Das Massachusetts Department of Public Health hat 2007 eine Studie veröffentlicht, in der die Partikelemission (aerodynamischer Durchmesser $D_{50} < 2,5 \mu\text{m}$) eines Laserdruckers in 10 unterschiedlichen Büroräumen und bei unterschiedlichen Druckerleistungen (1-2 Seiten oder 10-20 Seiten), während der Arbeitszeit bei üblicher Lüftung und Klimatisierung verglichen wurde. Die ermittelten Werte lagen zwischen 4 und $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für die Hintergrundbelastung in den Büroräumen wurden 3 - $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt, während für die Außenluft $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben wurden. Ein ebenfalls in das Messprogramm einbezogener Tintenstrahldrucker wies Werte von 5 - $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Übereinstimmend beurteilen diese beiden Studien, dass die Partikelbelastung durch den Druckprozess in der Umgebungsluft von Laserdruckern oder Kopieren mit der Außenluft vergleichbar und eher gering ist.

In weiteren Untersuchungen lagen die Konzentrationen an größerem, d. h. einatembarem Staub (E-Staub; aerodynamischer Durchmesser $D_{50} < 100 \mu\text{m}$) in den Büroräumen zwischen $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bake & Moriske 2006, Mersch-Sundermann 2007). Der Medianwert von $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ während der Ruhephase stieg während des Druckbetriebes auf einen Medianwert von $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Während des normalen Arbeitsbetriebes wurde eine mediane E-Staubkonzentration von $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt. Eine klare Unterscheidung, ob der Anstieg auf Tonerstaubpartikel oder auf andere Quellen zurückgeht, ist aufgrund dieser Untersuchungen nicht möglich.

Um aussagekräftige Daten zur Beurteilung der Belastungen am Arbeitsplatz zu erhalten, müssten Messungen des alveolengängigen Staubanteils (A-Staub-Fraktion) nach EN 481 durchgeführt werden. Die A-Staub-Fraktion enthält Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser D_{50} von $< 4 \mu\text{m}$. Diese Messdaten liegen zurzeit nicht vor. Eine Umrechnung der ermittelten Massenkonzentrationen (z. B. E-Staub in A-Staub) ist nur begrenzt, das heißt im Sinne einer Abschätzung, möglich. Für bestimmte Partikelfraktionen sind in Tabelle 1 Expositionshöchstwerte gemäß derzeitiger Datenlage zusammengefasst.

Tabelle 1: Höchstwerte von Expositionen durch Partikelemissionen von Laserdruckern und Kopiergeräten in Abhängigkeit des aerodynamischen Durchmessers

Aerodynamischer Durchmesser (D50 in μm)	Expositionshöchstwerte während des Druckbetriebes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Expositionshöchstwerte in der Ruhephase (Hintergrundbelastung) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
< 100	230	Keine Daten
< 10	7,4	Keine Daten
< 2,5	7	5

3.1.4 Quantitative Daten zur Exposition von Servicetechnikern

In zwei Einzelmessungen wurden Schichtmittelwerte für E-Staub von $440 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für A-Staub von unter $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beschrieben. Höhere Expositionswerte für A-Staub von bis zu $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ traten nur für wenige Minuten durch Anwendung von Druckluft auf (Snippe 2002). In einer weiteren, nur schlecht dokumentierten Studie wurden personenbezogene Messwerte für den A-Staub zwischen 80 und $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Median: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) genannt (Nakadate 2006). Die Studien sind nicht repräsentativ und liefern nur eine ungefähre Vorstellung der Expositionsverhältnisse.

Servicetechniker:
50 Mikrogramm alveolengängiger Tonerstaub pro Kubikmeter Raumluft.

3.1.5 Quantitative Daten zur Exposition beim Tonerkartuschen-Recycling

Beim Tonerkartuschen-Recycling muss gegenüber den oben genannten Expositionen davon ausgegangen werden, dass die gesamte Staubbelastung maßgeblich eine Tonerstaubbelastung ist. Aufgrund der vorliegenden Messdaten wird für das „Tonerkartuschen-Recycling“ unter Berücksichtigung der angewendeten Schutzmaßnahmen ein E-Staub-Schichtmittelwert von $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein A-Staub-Schichtmittelwert von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeschätzt (NIOSH 1996, 1998; Hanke 1997).

Recycling:
60 Mikrogramm alveolengängiger Tonerstaub pro Kubikmeter Raumluft.

4 Schutzmaßnahmen

Eine mögliche Krebs erregende Wirkung durch in die tiefen Atemwege gelangte unlösliche Feinstäube, wird im Hinblick auf die Risikoabschätzung als entscheidend angesehen. Das aus tierexperimentellen Daten bestimmte Akzeptanzrisiko wurde auf eine Belastung von 60 Mikrogramm alveolengängigem Tonerstaub pro Kubikmeter Raumluft abgeleitet, es wird in 2018 auf 6 Mikrogramm abgesenkt. Die Höchstwerte von Expositionen durch A-Staub-Partikelemissionen an Büroarbeitsplätzen können aus Tabelle 1 auf maximal etwa $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeschätzt werden. Für Servicetechniker und beim Tonerkartuschen-Recycling liegen sie bei 50 beziehungsweise $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nach dem Risikokonzept des AGS liegen die A-Staub-Konzentrationen damit an Büroarbeitsplätzen, beim Recycling von Tonerkartuschen und in der Regel auch bei Servicetätigkeiten, im derzeit akzeptablen Bereich. Ob dies auch langfristig (nach Senkung des Akzeptanzrisikos im Jahr 2018, siehe Abschnitt 2) für Büroarbeitsplätze und Servicetätigkeiten zutrifft, sollte durch weitere Messungen geklärt werden. Für das Recycling von Tonerkartuschen ist davon auszugehen, dass die Belastungen langfristig nur tolerabel sind. Aufgrund dieser Bewertung ergeben sich unter Anwendung des gestuften Maßnahmenkonzeptes (AGS 2008) derzeit die im folgenden beschriebenen Schutzmaßnahmen.

Bekannte Belastungen liegen weitgehend im derzeit akzeptablen Bereich.

4.1 Büroarbeitsplätze

Die in dem BAuA-Merkblatt genannten Maßnahmen stellen den Stand der Technik dar (BAuA 2009) und sind aus Vorsorgegründen zu beachten. Sollte in größerem Umfang gedruckt werden (z. B. Gruppendrucker) empfiehlt sich die Aufstellung in einem getrennten, gut belüfteten Raum (entsprechend den Herstellerangaben). Im Zweifelsfall kann die Exposition durch die Messung der A-Staubkonzentration ermittelt werden. Soweit Beschäftigte Tätigkeiten durchführen, bei denen sie mit Toner in Kontakt kommen können, wie das Wechseln von Toner oder die Störungsbeseitigung, sind sie über die notwendigen Schutzmaßnahmen (BAuA 2009) zu unterweisen. Weitere Maßnahmen, wie der Austausch von Laserdruckern gegen andere Druckertechnologien oder eine Absaugung, sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht erforderlich.

Allgemeine Maßnahmen weiter aktuell. Siehe www.baua.de -> Suche: Toner

www.baua.de/de/Publikationen/Faltblaetter/F43.html
www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EMKG/pdf/Schutzleitfaden-130.pdf?__blob=publicationFile

4.2 Servicetechniker

Die Schutzmaßnahmen sind nach Tätigkeiten unterschiedlich. Der Stand der Technik wird durch das BAuA-Merkblatt beschrieben (2009). Zur Expositionsminimierung und um die Verschleppung von Tonerpartikeln zu verringern, ist vor bzw. nach bestimmten Tätigkeiten eine Reinigung durch Absaugen mit Staubsaugern der Staubkategorie H und Bauart B1 sowie durch Wischen mit einem feuchten Tuch durchzuführen. Im Einzelfall wird bei Tätigkeiten mit stark staubender Exposition auch das Tragen von Staubmasken (z. B. FFP2 nach DIN EN 149) erforderlich. Langfristig ist eine weitere Reduzierung der Exposition, z. B. durch wartungsfreundlichere Geräte, Vermeidung offener Tonerverwendungen, anzustreben.

Bei einzelnen Servicearbeiten sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

4.3 Tonerkartuschen-Recycling

Da die Belastung beim Recycling von Tonerkartuschen höher ist als an anderen Arbeitsplätzen, sind hier langfristig weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung erforderlich. Dies erfordert in der Regel ein individuelles Konzept. Grundsätzlich ist eine Absaugung der Arbeitsplätze als technische Maßnahme anzustreben.

Recycling erfordert individuelles Schutzmaßnahmenkonzept.

Literatur

Armbruster, C. et al. (1996): Granulomatous pneumonitis and mediastinal lymphadenopathy due to photocopier toner dust. *Lancet* 348, 690.

Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) (2008): Risikowerte und Exposition-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen; Bekanntmachung zu Gefahrstoffen 910 www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/Bekanntmachung-910.html

Bake, D.; Moriske, H.-J. (2006): Untersuchungen zur Freisetzung feiner und ultrafeiner Partikel beim Betrieb von Laserdruck-Geräten. www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3016.html

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2009): Tonerstaubbelastung am Arbeitsplatz vermeiden www.baua.de/de/Publikationen/Faltblaetter/F43.html

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010): Schutzleitfaden 130 „Drucken, Kopieren“ www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EMKG/pdf/Schutzleitfaden-130.pdf?__blob=publicationFile

Fiedler, J.; Kura, J.; Moriske, H.-J.; Pietsch A. (2009): Freisetzung feiner und ultrafeiner Partikeln aus Laserdruckern unter Realraumbedingungen, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 69, 77-82

Gallardo, M. et al. (1994): Siderosilicosis due to photocopier toner dust. *Lancet* 344, 412-413.

Gesundheitliche Bewertung Nr. 014/2008 des BfR vom 31. März 2008 www.bfr.bund.de/cm/252/bfr_schliesst_arbeiten_zur_toner_problematik_ab.pdf

Hanke, M. (1997): Erhebung der Belastungssituation beim Recycling von Elektronikschrott. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Projekt F 1390, Dortmund.

Hohensee, H.; Flowerday, U.; Oberdick, J.: Zum Emissionsverhalten von Farbfotokopiergeräten und Farblaserdruckern. Die BG 11/2000, Erich Schmid Verlag, Bielefeld.

Kitamura, H.; Terunuma, N.; Kurosaki, S.; Hata, K.; Ide, R.; Kuga, H.; Kakiuchi, N.; Masuda, M.; Totsuzaki, T.; Osato, A.; Uchino, B.; Kitahara, K.; Iwasaki, A.; Yoshizumi, K.; Morimoto, Y.; Kasai, H.; Murase, T.; Higashi, T. Cross-sectional study on respiratory effect of toner-exposed work in manufacturing plants, Japan: pulmonary function, blood cells, and biochemical markers. *Hum Exp Toxicol.* 2009 Jun;28(6-7): 331-8.

LASF – Freistaat Thüringen, Landesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2001); Merkblatt Tonerstaub „Asthmabronchiale durch Tonerstaub?“

Lee, S.C.; Lam, S.; Fai, H.K. (2001): Characterization of VOCs, ozone, and PM emissions from office equipment in an environmental chamber, *Build Environ*, 36, 837-842.

Massachusetts Department of Public Health, (2007): Indoor Air Quality Assessment Particulate Testing of Laser Jet Printers.

Mersch-Sundermann, V. (2007): Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern, und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten. Pilotstudie. www.bfr.bund.de/cm/252/pilotstudie_evaluierung_moeglicher_beziehungen_zwischen_emissionen_ausbueromaschinen_abschlussbericht.pdf

Morawska, L.; He, C.; Johnson, G.; Jayaratne, R.; Salthammer, T.; Wang, H.; Uhde, E.; Bostrom, T.; Modini, R.; Ayoko, G.; McGarry, P.; Wensing, M. (2009): An Investigation into the Characteristics and Formation Mechanismus of Particles Originating from the Operation of Laser Printers, *Environmental Science & Technology*, 43, 1015-1022.

Morimoto, Y. et al. (2005): Negative effect of long-term inhalation of toner on formation of 8-hydroxydeoxyguanosine in DNA in the lungs of rats in vivo. *Inhal. Toxicol.* 17, 749-753.

Muhle, H. et al. (1991): Pulmonary response to toner upon chronic inhalation exposure in rats. *Fund. Appl. Toxicol.* 17, 280-299.

Muñoz, X.; Roger, A.; De la Rosa, D.; Morell, F.; Cruz, M.J. Occupational vocal cord dysfunction due to exposure to wood dust and xerographic toner. *Scand J Work Environ Health.* 2007 Apr;33(2): 153-8.

Nakadate, T. et al. (2006): A cross sectional study of the respiratory health of workers handling printing toner dust. *Occup. Environ. Med.* 63 244-249.

Nies, E.; Blome, H.; Brüggemann-Prieshoff, H. (2000): Charakterisierung von Farbtönen und Emissionen aus Farbfotokopierern/Farblaserdruckern, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 60, 435-441.

Nikula, KJ.: Rat lung tumors induced by exposure to selected poorly soluble nonfibrous particles. *Inhal Toxicol.* 2000; 12(1-2): 97-119.

NIOSH: Health Hazard Evaluation reports No. HETA-94-0293-2559, Fanelli Boys and Associates, 1996 and No. HETA-97-0107-2700, ADI System Inc, 1998.

Pott, F.; Roller, M. (2005): Carcinogenicity study with nineteen granular dusts in rats. *Eur. J. Oncol.* 10(4), 249-281.

Roller, M. (2006): Quantitative Risikoabschätzung für die Exposition gegenüber Toneremissionen aus Kopiergeräten. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, Ausgabe 5, 211-216.

Roller, M. (2008): Untersuchungen zur krebserzeugenden Wirkung von Nanopartikeln und anderen Stäuben. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Dortmund; Projektnummer: F 2083; ISBN: 978-3-88261-069-7
www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2083.html

Rybicki, B. A. et al. (2004): Photocopier exposure and risk of sarcoidosis in African-American sibs. *Sarcoidosis. Vasc Dif-fuse. Lung Dis.* 21, 49-55.

Smola, T.; Georg, H.; Hohensee, H. (2002): Gesundheitsge-fahren durch Laserdrucker? Ergebnisse des VGB-BIA-Projekts „Schwarz-Weiß-Laserdrucker“, *Gefahrstoffe – Reinhalt Luft*, 62, 295-301.

Snippe, R. J. (2002): Worker exposure scenarios in the repro-graphic industry. TNO Report V 3815.

Stefaniak, A.; Breysse, P.; Murray, M.; Rooney, B.; Schaefer, J. (2000): An Evaluation of Employee Exposure to Volatile Orga-nic Compounds in Three Photocopy Centers, *Environmental Resarch Section*, 83, 162-173.

Tang, T.; Gminski, R.; Mersch-Sundermann, V. (2010): Un-tersuchungen zur genetischen Toxizität von Emissionen aus Laserdruckern in A549-Zellen im Vitrocell-Transwell-Expositi-onssystem; Forschungsbericht Department of Environmental Health Sciences, Universität Freiburg.

Terunuma, N.; Kurosaki, S.; Kitamura, H.; Hata, K.; Ide, R.; Kuga, H., Kakiuchi, N.; Masuda, M.; Totsuzaki, T.; Osato, A.; Uchino, B.; Kitahara, K.; Iwasaki, A.; Yoshizumi, K.; Morimoto, Y.; Kasai, H.; Murase, T.; Higashi, T. Cross-sectional study on respiratory effect of toner exposure. *Human & Experimental Toxicology* (2009) 28: 325-330.

Wilke, O.; Jann, O.; Brödner, D.; Schneider, U.; Krockner, C.; Kalus, S.; Seeger, S.; Bücken, M. (2008): Prüfung von Emissi-onen aus Bürogeräten während der Druckphase zur Weiterent-wicklung des Umweltzeichens Blauer Engel für Laserdrucker und Multifunktionsgeräte unter besonderer Berücksichtigung der Sicherung guter Innenraumluftqualität, Bundesfor-schungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Natur-schutz und Reaktionssicherheit, 35/08; ISSN: 1862-4804.

Wittczak, T. et al. (2003): Allergic contact dermatitis from formaldehyde and quaternium-15 in photocopier toner. *Contact Dermatitis* 43, 241-242.

Zina, A.M. et al. (2000): Allergic contact dermatitis from form-aldehyde and quaternium-15 in photocopier toner. *Contact Dermatitis* 43, 241-242.

Quelle: www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/artikel17.html

Stand: Dezember 2010

**Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin**
Friedrich-Henkel-Weg 1-25
44149 Dortmund

Service-Telefon 0231 9071-2071
Fax 0231 9071-2070
info-zentrum@baua.bund.de
www.baua.de