

Version März 2012

Factsheet

Gesundheitsgefährdung durch Laserdrucker, Kopiergeräte und Toner

1. Zusammenfassung
2. Empfehlungen der Suva
 - 2.1 Generelle Massnahmen
 - 2.2 Massnahmen bei erhöhter Exposition gegenüber Tonerstaub
 - 2.3 Massnahmen bei Beschwerden von Arbeitnehmenden
3. Kommentar
 - 3.1 Emissionen von Laserdruckern und Kopiergeräten
 - 3.2 Eigenschaften von Laserdrucker- und Kopiergeräteemissionen
 - 3.3 Gesundheitliche Beeinträchtigungen
 - 3.4 Schlussfolgerungen
4. Fachliteratur

1. Zusammenfassung

Emissionen von Laserdruckern und Fotokopiergeräten respektive durch Tonerstäube können, insbesondere bei Personen mit überempfindlichen Schleimhäuten der oberen und unteren Atemwege, zu arbeitsbezogenen Beschwerden führen. Die unspezifischen Überempfindlichkeitsreaktionen durch eine irritative Wirkung dieser Emissionen ist in der Regel durch Verbesserung der arbeitshygienischen Bedingungen beherrschbar. Sehr selten sind echte Allergien der Atemwege gegenüber Tonern dokumentiert worden. Epidemiologische Untersuchungen haben keinen sicheren Kausalzusammenhang zwischen diesen Emissionen und chronischen Atemwegserkrankungen/interstitiellen Lungenerkrankungen aufgezeigt. Aufgrund von experimentellen Studien und Tierversuchen ist eine krebserzeugende Wirkung durch diese Emissionen nicht ausgeschlossen, kann aber aufgrund der gegenwärtigen Datenlage noch nicht abschliessend bewertet werden. Insbesondere liegen keine epidemiologischen Untersuchungen über eine Assoziation zwischen Toneremissionen und einem erhöhten Risiko von bösartigen Tumoren der Atemwege vor. Vorsorglich empfiehlt die Suva Schutzmassnahmen bei potenziellen Expositionen gegenüber Tonerstäuben und ultrafeinen Partikeln im Sinne von generellen Vorkehrungen sowie spezielle Massnahmen bei erhöhter Exposition gegenüber Tonerstaub wie bei Störungen, Wartungen und Reparatur. Bei arbeitsbezogenen Beschwerden von Arbeitnehmenden sind Abklärungen angezeigt. Das vorliegende Factsheet fasst den aktuellen Wissenstand zusammen und wird periodisch aufgrund der neu erscheinenden Fachliteratur aktualisiert.

Gegenwärtig sind weitere Untersuchungen zur Toxikologie von Emissionen der Laserdrucker und Fotokopiergeräte im Gang, sowohl auf experimenteller Ebene (Tierversuche; in vitro Untersuchungen an Menschen- und Tierzellen), als auch auf epidemiologischer Ebene bei exponierten Arbeitnehmenden. Obschon auch die in neuester Zeit publizierte epidemiologischen Untersuchungen bei Arbeitnehmenden bisher wenig Anhaltspunkte für eine gravierende Toxizität dieser Emissionen aufgezeigt haben, weisen die in vitro und in vivo Studien darauf hin, dass die seit Jahren durch die Suva herausgegebenen Empfehlungen im Sinne des Vorsorgeprinzips zum Schutz der Arbeitnehmenden angezeigt sind und konsequent umgesetzt werden sollen.

2. Empfehlungen der Suva

2.1 Generelle Massnahmen

- Bedienungsanleitung der Hersteller genau befolgen
- Geräte in einem gut belüfteten und genügend grossen Raum aufstellen
- Geräte mit hoher Leistung in separaten ausreichend gelüfteten Räumen installieren und mit lokaler Absaugung versehen
- Abluftöffnungen von Geräten nicht gegen Arbeitnehmende richten
- Geräte regelmässig warten
- Geschlossene Toner Systeme wählen
- Tonerkartuschen nach Anweisung des Herstellers wechseln und nicht gewaltsam öffnen
- Verunreinigungen durch Tonern mit feuchtem Tuch aufnehmen; mit Toner verunreinigte Hautpartien mit Wasser und Seife waschen; wenn Toner in die Augen gelangt 15 min. lang mit Wasser spülen; falls Toner in den Mund gelangt ausspülen mit grossen Mengen kalten Wassers. Generell nicht warmes oder heisses Wasser verwenden (Toner werden klebrig).
- Papierstaus vorsichtig und sorgfältig beheben, damit nicht unnötig Staub aufgewirbelt wird.
- Beim Nachfüllen von Tonerpulver oder Flüssigtoner Einweghandschuhe benutzen.

2.2 Massnahmen bei erhöhter Exposition gegenüber Tonerstaub (Störungen, Wartung und Reparatur)

Kurzzeitige Emissionen von Tonerstaub können beim Wechseln von Drucker-Kassetten und beim Reinigen und Warten der Geräte auftreten. Personen, die häufig oder regelmässig derartige Arbeiten ausführen, können somit in stärkerem Masse gegenüber Tonerstaub exponiert sein. Bei diesen Personen sollten daher geeignete Massnahmen zur Verringerung des Einatmens von Tonerstaub getroffen werden. Wichtigste Massnahmen sind:

- Reinigen der Geräte mit einem geprüften Staubsauger, Geräte nicht ausblasen.
- Bei zu erwartendem stärkerem Staubanfall: Gute Lüftung; Verwendung einer Atemschutzmaske vom Typ FFP2/FFP3 (regelmässiger Wechsel nach wenigen Stunden, bei Durchfeuchtung, bei Beschädigung oder bei direkter Kontamination der Atemschutzmaske mit Tonerstaub angezeigt); Benutzung einer Schutzbrille.
- Reinigung der Geräteumgebung mit feuchtem Tuch nach Beendigung der Wartung.

- Tragen von geeigneten Schutzhandschuhen (unter anderem unter Berücksichtigung der verwendeten Reiniger).

2.3 Massnahmen bei Beschwerden von Arbeitnehmenden

Arbeitsplatzbezogene Beschwerden von Arbeitnehmenden müssen ernst genommen werden. Bei Beschwerden sollen Massnahmen zur Verbesserung der arbeitshygienischen Situation geprüft und umgesetzt werden. In der Regel kann dadurch eine Beschwerdefreiheit oder zumindest eine deutliche Besserung erreicht werden. Bestehen die Beschwerden nach Verbesserung der Arbeitsplatzverhältnisse weiter, sind weiterführende Abklärungen angezeigt. Bei begründetem Verdacht auf eine Berufskrankheit ist eine Anmeldung an den zuständigen UVG-Versicherer vorzunehmen. Für weitere Auskünfte steht der Bereich Chemie, Abteilung Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz der Suva, Luzern zur Verfügung.

3. Kommentar

Seit einigen Jahren werden Stoffe wie Tonerstaub, flüchtige organische Verbindungen oder Ozon, welche beim Umgang mit oder beim Betrieb von Laserdruckern und Kopiergeräten in die Innenraumlufte freigesetzt werden können, in Zusammenhang mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen gebracht. Dieses Factsheet orientiert über den gegenwärtigen Kenntnisstand betreffend gesundheitlicher Gefährdung durch Laserdrucker, Kopierer und insbesondere Toner.

Beim Druck- und Kopiervorgang laufen komplexe physikalische und chemische Prozesse ab, bei denen im Wesentlichen Toner-, Papierbestandteile und Umgebungsluft unter Einwirkung von Licht, höheren Temperaturen und elektrischen Ladungen reagieren. Dabei können flüchtige organische Verbindungen unterschiedlicher chemischer Klassen, kleinste Partikel aus Tonern und Papieren sowie Gase freigesetzt und in die Innenraumlufte abgegeben werden. Die Qualität und Quantität der Stofffreisetzung wird durch das technische Verfahren, die Art der eingesetzten Toner und Papiere, die Gerätebauart, das Gerätealter, die Wartung und durch die räumliche Umgebung bestimmt.

Die Suva hat seit mehreren Jahren Massnahmen zur Verringerung von Belastungen durch Fotokopiergeräte und Laserdrucker empfohlen. Diese Empfehlungen wurden beispielsweise 1994 in den Medizinischen Mitteilungen der Suva publiziert. Bei Anfragen, Betriebskontrollen oder Klagen von Mitarbeitern hat die Suva diese Massnahmen empfohlen. Vereinzelt wurde auch festgestellt, dass die Bedienungsanleitungen unklar sind. In diesen Fällen wurde direkt beim Hersteller interveniert.

3.1 Emissionen von Laserdruckern und Kopiergeräten

Laserdrucker und Kopiergeräte können geringe Mengen an Staub, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und Ozon emittieren. In vielen modernen Geräten entsteht heute aufgrund des technischen Fortschrittes (Transferrollentechnik) praktisch kein Ozon mehr.

Bei den Staubemissionen kann es sich sowohl um Papier- als auch um Tonerstaub handeln, wobei der Papierstaubanteil bei Weitem überwiegt. Toner bestehen aus sehr kleinen Partikeln aus thermoplastischem Kunststoff (Styrol-Acrylat-Copolymere, bei Hochleistungsdruckern z.T.

Polyester), die durch Aufschmelzen auf dem Papier fixiert werden. Als farbgebende Pigmente dienen bei Schwarztonern Russ ("Carbon black", Industrieruss) oder Eisenoxid, bei andersfarbigen Tonern organische Pigmente. Neben diesen Hauptbestandteilen enthalten Toner verschiedene Hilfsstoffe wie Wachs, Kieselsäure (amorphes Siliziumdioxid als Trennmittel) und z.T. auch geringe Mengen spezieller Metallsalze zur Steuerung der elektromagnetischen Eigenschaften. Der Durchmesser der Tonerpartikel beträgt 2 - 10 µm.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass Drucker zum Teil ultrafeine Partikeln aus flüchtigen organischen Substanzen emittieren, diese entstehen in der Fixiereinheit des Druckers. Es hat sich gezeigt, dass die freigesetzte Gesamtpartikelzahl von den Umgebungsparametern unabhängig ist und sie sich daher in Experimenten für den Vergleich verschiedener Drucker eignet. Die Zahl der ultrafeinen Partikel hängt einerseits von der Temperatur der Fixiereinheit, andererseits von der Menge der gedruckten Papiere ab. In einer Untersuchung der RWTH Aachen (Brand P. et al.) lag die Partikelgrösse bei 20 - 30 nm. Die Untersuchungen legten nahe, dass bei der Erhitzung von Tonermaterial in der Fixierungseinheit des Druckers Komponenten des Toners verdampft werden, welche dann zu ultrafeinen Aerosolteilchen kondensieren. In einer Untersuchung von Fiedler et al. waren die Partikelanzahlkonzentrationen im Vergleich zur Aussenluft vor dem Bürogebäude auch beim Drucken und in der Nachlaufphase des Druckprozesses eher gering. Die Queensland University of Technology hat verschiedene Untersuchungen zu Emissionen aus Laserdruckern durchgeführt. Unter anderem wurde festgestellt, dass bezüglich der Freisetzung von Ultrafeinpartikeln deutliche Unterschiede bei verschiedenen Druckern bestehen. Eine neue Untersuchung zeigte beispielsweise, dass in 19 untersuchten Büroräumlichkeiten Partikelkonzentrationen zwischen rund 4×10^1 und 4×10^3 pro cm^3 als Mittelwert über die Arbeitsschicht gemessen werden können.

VOC können einerseits beim Aufschmelzen des Toners und andererseits bei Aufheizung des Papiers freigesetzt werden. Zu den VOC zählen z.B. Styrol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol, Phenole, Aldehyde und Ketone. Vor allem bei Geräten älterer Bauart konnte Benzol in Tonermaterialien nachgewiesen werden.

Bei der Analyse zur chemischen Zusammensetzung von handelsüblichen Tonern wurden mit verschiedenen Verfahren neben Kohlenstoff, Eisen und Kupfer geringe Anteile verschiedener anderer Elemente nachgewiesen. Dabei handelt es sich in erster Linie um Spuren (Gehalte im ppm-Bereich) von Titan, Kobalt, Nickel, Chrom, Zink, Strontium, Zirkonium, Cadmium, Zinn, Tellur, Wolfram, Tantal und Blei.

3.2 Eigenschaften von Laserdrucker- und Kopiergeräteemissionen

Toxizität

Untersuchungen zur Toxizität von Tonern in Tierversuchen zeigen, dass diese der Kategorie "granuläre biobeständige Stäube ohne wesentliche bekannte spezifische Toxizität" (GBS) zuzuordnen sind. Tonerstaub weist alveolengängige Partikel auf. Beim Betrieb von Druckern können auch Aerosole mit Teilchengrössen im Bereich <100 nm (ultrafeine Aerosole) nachgewiesen werden.

Tierversuche haben gezeigt, dass bei direkter Instillation Tonerpartikel bei Mäusen zu einer entzündlichen Reaktion der Atemwege und der Lunge führen können (Bai R. et al.). Auch in

in vitro konnten zytotoxische Effekte an embryonalen Mäusefibroblasten durch Tonerpartikel festgestellt werden (Dopp E. et al.).

Bei Anreicherung von Tonerpartikel im Lungengewebe von Versuchstieren nach Langzeitinhalation hoher Toner-Konzentrationen konnten chronische Lungenentzündungen und Lungengewebsvermehrung (Fibrosen) nachgewiesen werden.

Bezüglich der Toxizität von ultrafeinen Partikeln wird auf die Literatur bezüglich Nanopartikel/ultrafeine Partikel verwiesen.

Haben Toner eine krebserzeugende Wirkung?

Für die Bewertung krebserzeugender Eigenschaften eines Stoffes werden Kriterien wie epidemiologische Untersuchungen, Krebshäufigkeit in bestimmten Berufsgruppen, Tierversuche mit dem Arbeitsplatz ähnlicher Einwirkung, experimentelle Daten sowie Messungen von Arbeitsstoffen in der Raumluft herangezogen. Tonerstäube werden bisher sowohl in der Schweizer Grenzwertliste wie auch in den international führenden Grenzwertlisten (EU; International Agency for Research on Cancer IARC; Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG; American Conference of Industrial Hygienists ACGIH) nicht als krebserzeugender Stoff aufgeführt.

Bisher liegen keine epidemiologischen Untersuchungen vor, die eine Assoziation zwischen Toneremissionen und einem erhöhten Risiko für bösartige Tumoren der Atemwege zeigen. In einer Pilotstudie wurde der oxidative Status und die Genotoxizität bei Arbeitnehmenden, welche Fotokopiergeräte bedienen untersucht. Die Untersuchungen zeigten eine Assoziation zwischen der Dauer der beruflichen Exposition mit DNA-Schäden in Lymphozyten beurteilt mit dem Comet assay und Mikronukleusbildungen in Mundschleimhautzellen (Kleinsorge et al.). Das Institut für Pathologie der Universität Rostock berichtete über einen als Servicetechniker an Druckern und Kopiergeräten arbeitenden Patienten, der an Lungenkrebs verstorben ist und in dessen Tumor Tonerpartikel beobachtet werden konnten. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die krebserzeugende Wirkung von Tonerpartikeln weiter untersucht werden soll; eine kausale Beziehung zwischen den Tonerstaubemissionen und dem Lungenkrebs dieses Patienten kann jedoch aus dieser Beobachtung nicht abgeleitet werden.

In vivo-Inhalationsstudien an Ratten und Hamstern ergaben keine Hinweise auf ein krebserregendes Wirkungspotenzial. In einer Studie (F. Pott, M. Roller) an Ratten wurden nach dem direkten Verabreichen verschiedener Stäube in hohen Dosen direkt in die Luftröhre vermehrt Lungentumoren beobachtet. Alle untersuchten Stäube – d.h. solche ohne bekannte Gefährdung - führten in dieser Studie zu einer erhöhten Tumorphäufigkeit. Die Frage, ob alle diese Stäube – Tonerstaub war einer der untersuchten Stäube – generell als krebserzeugend einzustufen sind, wird durch diese Untersuchung nicht beantwortet.

Eine in vitro Studie der Universität Freiburg im Breisgau zeigte auf, dass Tonerstäube eine genotoxische Wirkung haben können; als Ursache für diese genotoxische Wirkung wurden Metalle, Metallverbindungen oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Betracht gezogen (Gminski R. et al.). Die Autoren kommen zum Schluss, dass weitere Forschungsarbeiten nötig seien, um die Relevanz dieser in vitro Beobachtungen für die private und berufliche Exposition gegenüber Tonerstäuben zu bewerten.

Da aufgrund dieser Datenlage eine krebserzeugende Wirkung von Tonerstäuben nicht auszuschliessen ist, ist es wichtig, dass vorsorglich die von der Suva und anderen Institutionen empfohlenen Massnahmen bei potenziellen Expositionen gegenüber Tonerstäuben umgesetzt werden.

Messergebnisse

Wichtig für die Beurteilung einer potenziell gesundheitsschädlichen Wirkung von Tonerstäuben sind die tatsächlich beim Kopier- und Druckvorgang frei werdenden Emissionen. Diese hängen neben der Zusammensetzung des Tonermaterials von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren ab, z.B. der Kartuschenbauart, Betriebstemperatur, Kopiergeschwindigkeit, der Nutzungsdauer der Kopierer und einer Reihe weiterer Faktoren.

In Deutschland wurden durch das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitssicherheit BGIA ausgedehnte Messungen beim Betrieb von Schwarzweissdruckern und Farbdruckern durchgeführt. Messungen in Büroräumen haben ergeben, dass die Konzentration von einatembarem Staub zwischen ca. 60 und 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt, unabhängig davon, ob Laserdrucker oder Fotokopierer betrieben werden. Messungen von Tonerstaub, Kobalt und Nickel haben aufgezeigt, dass die Staubbelastung im Atembereich der Arbeitnehmenden unter denen der Aussenluft lag. Kopierer und Drucker emittieren während der Benutzung auch flüchtige organische Substanzen (VOC) in die Umgebungsluft. Die gemessenen Raumluftkonzentrationen liegen nahezu alle im Bereich der Hintergrund-Belastung der Allgemeinbevölkerung, d.h. derjenigen Konzentration, denen der Mensch derzeit über die Umwelt ausgesetzt ist und liegen dadurch weit unter dem derzeit gültigen Arbeitsplatzgrenzwert für die jeweiligen Einzelsubstanzen.

Eine Mehrbelastung des Organismus gegenüber Schwermetallen und Lösungsmittelbestandteilen über die allgemeine Hintergrundbelastung hinaus konnte in neueren Untersuchungen mit biologischem Monitoring auch bei intensiver Nutzung dieser Geräte nicht nachgewiesen werden.

Die Universität Giessen hat im Jahre 2007 erste Ergebnisse einer Pilotstudie zur Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Bürogeräten, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern und Gesundheitsbeeinträchtigungen bei exponierten Büroangestellten veröffentlicht (Tonerstudie, Studienleiter Prof. Dr. V.H. Mersch-Sundermann). Bei dieser Untersuchung wurde gezeigt, dass beim Anlaufen von Laserdruckern kurzzeitig, d.h. über wenige Minuten, die Anzahlkonzentration von ultrafeinen Partikel signifikant zunehmen kann.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung als Auftraggeber hielt dazu fest, dass aufgrund der Messergebnisse von Seiten der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) keine nachteiligen gesundheitlichen Effekte auf die Beschäftigten in den Büros zu erwarten sind. Die Staubbelastungen lagen im Bereich weit unter dem Arbeitsplatzgrenzwert.

Im Jahr 2008 wurden weitere Ergebnisse der Pilotstudie durch die Universität Giessen publiziert. Die TVOC Konzentrationen erreichten maximal 330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ohne signifikanten Unterschied zwischen Druckbetrieb und Ruhebetrieb. Bei keinem der analysierten VOC Einzelstoffe wie Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Propylbenzol, Xylol, Styrol oder Limonen kam es im Mittel zu konsistenten Veränderungen während der Ruhe- und Druckphase. Die errechneten massen-

bezogenen Partikelkonzentrationen betragen zwischen 20 und 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; während der Druckphase konnte ein Anstieg zur Ruhephase gemessen werden. Die Anzahlkonzentrationen der feinen und ultrafeinen Partikel (0.01 – 1 μm) nahmen während der Druckphase zu. In rund 2/3 der Büroräume wurde eine Konzentrationsspitze bei Beginn des Standarddruckvorgangs gefunden (initialer Burst); dieser initiale Burst führte zum Teil zu einer Vervielfachung der Partikelanzahlkonzentrationen in der Büroraumluft. Die Untersuchung von Metallen (Cadmium, Chrom, Nickel) im Biomonitoring ergab keine Hinweise auf eine erhöhte Exposition gegenüber diesen Schwermetallen. Insgesamt lagen die meisten Parameter innerhalb der auch für Wohnninnräume bekannten Konzentrationsbereiche, so dass aus quantitativer und toxikologischer Sicht keine innenraumhygienische oder gesundheitliche Bedeutung der Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten abgeleitet werden konnte.

Die Queensland University of Technology, Brisbane, hat im Rahmen einer Studie festgestellt, dass Laserdrucker eine Quelle von ultrafeinen Partikeln/Aerosolen darstellen können und die Emissionsrate der einzelnen Gerätetypen unterschiedlich sind (Schripp T. et al.). Eine Aussage über allfällige gesundheitliche Auswirkungen machte die Studie nicht, zumal auch keine medizinischen Untersuchungen durchgeführt wurden.

Die Freisetzung feiner und ultrafeiner Partikel aus Laserdruckern wurde unter Realraumbedingungen von Fiedler et al. beurteilt. Die Untersuchungen zeigten, dass es in der Praxis kein einheitliches Bild einer druckerbedingten Partikelbelastung gibt. Während des Druckprozesses kommt es zu einem Anstieg der Partikelanzahlkonzentration in der Innenraumluft, ohne wesentliche Abhängigkeit von der Raumgrösse. Die Partikelanzahlkonzentration nimmt meist wenige Minuten nach Ende des Druckprozesses ab, einerseits durch die Verteilung der Partikel in der Raumluft, andererseits durch Agglomeration und Deposition der Partikel. Die Untersuchungen zeigten, dass es zwar zu einer erkennbaren Partikelfreisetzung von feinen und ultrafeinen Partikeln beim Betrieb von Laserdruckern in die Raumluft kommen kann. Im Vergleich zur Aussenluft vor dem Bürogebäude waren die Partikelanzahlkonzentrationen auch beim Drucken und in der Nachlaufphase des Druckprozesses eher gering.

3.3 Gesundheitliche Beeinträchtigungen

In der wissenschaftlichen Literatur liegen Einzelfallberichte und einzelne Studien zu gesundheitlichen Beschwerden nach Tonerstaubexposition vor. Bei Arbeitnehmenden können selten unspezifische Beschwerden, beispielsweise Hautjucken und Hautreizung, Augenbrennen, Husten, Atemnot, Kurzatmigkeit sowie Kopfschmerzen auftreten. In denjenigen Fällen, in denen Allergietests zum Nachweis einer allergischen Reaktion der Beschäftigten gegenüber den verwendeten Tonermaterialien sowie Lungenfunktionsmessungen durchgeführt wurden, waren in der Regel keine Allergien nachzuweisen. Die erwähnten Beschwerden sind im Einzelfall als unspezifische Reizreaktionen zu werten, die entweder auf ungünstige Arbeitsbedingungen oder eine individuelle Überempfindlichkeit der Schleimhäute zurückzuführen sind. In der wissenschaftlichen Literatur sind einzelne Fälle von dokumentierten Allergien der oberen Luftwege („Rhinitis allergica“) und der unteren Atemwege (Asthma bronchiale) beschrieben worden.

Die in der nicht wissenschaftlichen Literatur publizierten Berichte über häufige und zum Teil gravierende gesundheitliche Beeinträchtigungen sind in der Regel unzureichend dokumentiert (vorbestehende Veranlagungen und Erkrankungen, fehlende Abklärungen, fehlende arbeits-

hygienische Bewertungen). Die von den Autoren gezogenen Schlussfolgerungen wurden auf Basis der subjektiven Beschreibungen und Eindrücke der Beschäftigten gestellt oder lediglich retrospektiv mittels eines Fragebogens erfasst. Sie erlauben derzeit nicht die Herleitung eines ursächlichen, wissenschaftlich nachvollziehbaren Zusammenhangs zwischen einer Tonerstaubexposition und den beschriebenen gesundheitlichen Effekten.

Bei rund 600 Arbeitnehmenden mit über 20-jähriger berufsbedingter Exposition gegenüber Tonerstäuben (Tätigkeiten mit direktem Tonerkontakt in der Tonerproduktion und in der Entwicklung von Kopierern/Druckern sowie Unterhalts-Reparaturarbeiten an Kopierern/Druckern) liess sich im Vergleich zu nicht Exponierten kein relevanter Zusammenhang zwischen Tonerexposition und Lungenfunktionseinschränkungen nachweisen (Nakadate). Nach den bisherigen Erkenntnissen ist es wenig wahrscheinlich, dass durch Exposition gegenüber Emissionen aus Kopierern und Laserdruckern beim Menschen interstitielle Lungenerkrankungen (Erkrankungen des Lungengerüsts wie Staublungen) verursacht werden.

Eine Fallkontrollstudie bei 74 exponierten und 69 nicht exponierten Arbeitnehmenden in Taiwan (Yang et al.) zeigte keine signifikante Assoziation zwischen akuten oder chronischen Atemwegsbeschwerden und der Arbeit an Fotokopierern.

In einer japanischen Fallkontrollstudie bei 809 tonerexponierten Arbeitnehmenden und 805 Kontrollpersonen konnte bezüglich Symptomen, Lungenfunktionstests, Blutuntersuchungen und biochemischen Parametern keine signifikanten Unterschiede zwischen exponierten und nicht exponierten Personen beobachtet werden (Kitamura et al.).

Eine Studie an über 33'000 Arbeitnehmenden in der Produktion und Kundenbetreuung von Fotokopiergeräten ergab kein erhöhtes Sterblichkeitsrisiko für maligne Neoplasien, Lungenkrebs, Atemwegserkrankungen und kardiovaskuläre Erkrankungen (Abraham et al.).

In den USA wird in einer grossen Fotokopierzenterstudie die Frage der Wirkung von ultrafeinen Partikeln in Kopiergeräteemissionen auf die Atemwege studiert. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Factsheets liegen die Ergebnisse noch nicht in einer Peer Reviewed Zeitschrift vor.

Die Universität Giessen hat als Ergänzung zu Messergebnissen (siehe Abschnitt Messergebnisse) eine klinische Untersuchung von Personen an Büroarbeitsplätzen durchgeführt (Publikationen 2007 und 2008). Untersucht wurden 69 Personen aus vier Bürokomplexen; verglichen wurden die Ergebnisse bei 36 Personen die arbeitsplatzbezogene Beschwerden angaben, bei 7 die sich als tonergeschädigt bezeichneten und bei 26 ohne arbeitsplatzbezogene Beschwerden. Gesucht wurden Hinweise auf ein Entzündungsgeschehen und auf Allergien. Festgehalten wurde, dass das Rekrutierungsverfahren eine Repräsentativität ausschliesse, da Probanden aus „hot spots“ zur Teilnahme aufgefordert worden sind. Personen mit arbeitsplatzbezogenen Gesundheitsbeschwerden hatten keine höhere Rate von Vorerkrankungen. Aufgrund der gewählten Parameter (CRP, Stickoxid in der Ausatemungsluft, Allergieantikörper) wurden keine Hinweise auf entzündliche Reaktionen der Atemwege, eine systemische Entzündung oder eine erhöhte Allergieneigung bei Arbeitnehmenden mit arbeitsplatzbezogenen Beschwerden beobachtet. Es wurden andererseits Hinweise auf lokale Reizbeschwerden gefunden. Zudem wurde

die Frage aufgeworfen ob das Auftreten einer erhöhten Empfindlichkeit der Atemwege ursächlich mit Emissionen vom Drucken in Zusammenhang gebracht werden könne.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung als Auftraggeber hielt zur Pilotstudie fest, dass es nur schwer zu beurteilen sei, ob und in wieweit subjektive Beschwerden, objektive Parameter und die gemessenen Emissionswerte zusammenhängen und dass insgesamt die klinische Untersuchung nicht auf spezifische gesundheitliche Probleme durch Toneremissionen hinweisen würden. Diese Pilotstudie zeigt auf, dass bei Personen in Büros arbeitsplatzbezogene Beschwerden auftreten können, wobei diese Beschwerden verschiedenste Ursachen haben können. Eine Aussage zur Häufigkeit von arbeitsplatzbezogenen Beschwerden kann aus der Pilotstudie nicht gemacht werden (die Autoren halten fest: „das Rekrutierungsverfahren schliesst eine Respräsentativität aus, die Probanden wurden aus hot spots zur Teilnahme aufgefordert“). Die Untersuchung ergibt keine Hinweise dafür, dass Arbeitnehmende mit arbeitsplatzbezogenen Beschwerden Zeichen einer Atemwegsentzündung, systemischen Entzündung oder vermehrter Allergien aufweisen.

3.4 Schlussfolgerungen

Toner bestehen aus Partikeln thermoplastischer Kunststoffe (Polymerpartikel), in die Pigmente eingebunden sind. Die Partikeldurchmesser liegen in der Regel im Bereich von 2 - 10 µm mit Medianwerten von ca. 5 µm. Toner sind somit als alveolengängiger Staub einzustufen. Die Polymerpartikel sind nicht löslich in wässrigen Lösungen und damit beständig in biologischen Flüssigkeiten und Geweben. Sie verhalten sich biologisch weitgehend inert. Ihre Toxizität im Tierversuch ist in realitätsnahen Konzentrationen gering. Kopierer und Drucker können während der Benutzung zudem VOC, Ozon und weitere Stoffe wie Zinnverbindungen und Schwermetalle in die Umgebungsluft emittieren. Die entstehenden und gemessenen Raumluftkonzentrationen liegen weit unter den derzeit gültigen Arbeitsplatzgrenzwerten. Biomonitoring-Untersuchungen ergaben keine Anhaltspunkte für eine erhöhte innere Belastung gegenüber Schwermetallen/Lösungsmitteln von Personen, die beruflich intensiven Umgang mit Laserdruckern und Kopierern haben. Ungeklärt ist, welcher Stellenwert der vorübergehenden Emission von Ultrafeinpartikeln während einigen Minuten beim Anlaufen von Laserdruckern zukommt.

Die bisher publizierten Fallberichte weisen darauf hin, dass Personen mit einer unspezifischen nasalen oder bronchialen Hyperreaktivität Symptome wie Niesreiz, Rhinitis, Hustenreiz und Atembeschwerden entwickeln können. In der Regel handelt es sich um unspezifische Überempfindlichkeitsreaktionen durch eine irritative Wirkung der Emissionen, die bei Verbesserung der arbeitshygienischen Bedingungen beherrschbar sind. Sehr selten sind in der Literatur echte Allergien der Atemwege gegenüber Tonern dokumentiert worden. Die Pilotstudie der Universität Giessen hat keinen Hinweis auf eine Entzündungsreaktion der Atemwege, eine generelle Entzündungsreaktion oder vermehrte Allergien bei Arbeitnehmenden ergeben, die ihre Gesundheitsbeschwerden auf Toneremissionen zurückführen. Auch in neuester Zeit publizierte epidemiologische Untersuchungen ergeben bezüglich Beschwerden, lungenfunktionellen Untersuchungen und Mortalität keine signifikante Unterschiede zu nicht exponierten Arbeitnehmenden. Die Ergebnisse der laufenden US-amerikanischen Fotokopierzenterstudie sind allerdings noch nicht publiziert worden.

Bei in vitro Untersuchungen konnte eine genotoxische Wirkung (DNA-Schäden und Mikronukleusbildung) beobachtet werden; die Autoren hielten fest, dass weitere Untersuchungen zur Bewertung der Relevanz dieser in vitro Untersuchungen für die private und berufliche Exposition gegenüber Tonerstäuben notwendig sind. In Tierversuchen an Ratten und Hamstern mit inhalativer Verabreichung von Tonern konnten nicht vermehrt bösartige Tumoren beobachtet werden. In einem Experiment an Ratten bei direkter Instillation hoher Tonermengen konnten vermehrt Lungentumore beobachtet werden. Eine krebserzeugende Wirkung ist nicht ausgeschlossen, kann aber aufgrund der gegenwärtigen Datenlage noch nicht abschliessend bewertet werden. Vorsorgliche Massnahmen, wie sie von der Suva und anderen Institutionen empfohlen werden, sollten deshalb eingehalten werden.

Da Arbeitsplatzgrenzwerte keine sichere Grenze zwischen "ungefährlichen" und "gefährlichen" Konzentrationen darstellen, können gesundheitliche Beeinträchtigungen – auch bei Einhalten der Grenzwerte - nicht ausgeschlossen werden. Für diese Beschäftigten müssen individuelle Lösungen gefunden werden. Dies sind beispielsweise eine bessere Lüftung des Büroraums oder ein Versetzen des Druckers und/oder Kopiergerätes in einen separaten Raum. Ferner ist - speziell bei Druckern und Tonern älterer Bauart - ein Austausch gegen ein modernes und emissionsärmeres Gerät oder der Wechsel des Tonermaterials zu prüfen (Verwendung eines Toners mit dem Umweltzertifikat "Der blaue Engel"). Grundsätzlich ist beim Auftreten von Beschwerden auch der Wartungszustand des Kopierers zu prüfen. Bestehen die Beschwerden nach den getroffenen Massnahmen weiter, sind weiterführende arbeitshygienische und/oder arbeitsmedizinische Abklärungen angezeigt.

Die Untersuchungen zum Thema werden durch die Suva weiter verfolgt.

4. Fachliteratur

- Abraham A.G. et al.: Retrospective mortality study among employees occupationally exposed to toner. *J Occup Environ Med* 2010; 52: 1035-1041
- Bai R. et al.: Pulmonary responses to printer toner particles in mice after intratracheal instillation. *Toxicol Lett* 2010; 199: 288-300
- Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin, Institut der Ruhr - Universität Bochum: Gesundheitsgefahren durch Tonerstäube
- Brand P. et al.: Nanopartikel - Emissionen bei Laserdruckern. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 2010; 45: 351
- Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund-Dorstfeld: Kopiergeräte und Drucker im Büro
- Dopp E. et al.: Zelluläre Aufnahme und Toxizität von Tonerpartikeln in vitro. *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 2009; 44: 188-189
- Evers U., Nowak D.: Erkrankungen durch Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten?; *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 2006; 66: 203-210
- Fiedler J., Kura J., Moriske H.-J., Pietsch A.: Freisetzung feiner und ultrafeiner Partikeln aus Laserdruckern unter Realraumbedingungen. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 2009; 69: 77 - 82
- Gminski R., Mersch-Sundermann V.: Gesundheitliche Bewertung der Exposition gegenüber Tonerstäuben und gegenüber Emissionen aus Laserdruckern und Kopiergeräten – aktueller Erkenntnisstand; *Umwelt Med Forsch Prax* 2006; 11: 269-300
- Gminski R., Decker K., Heinz Ch., Mersch-Sundermann V.: Cytotoxic and genotoxic effects of three representative reprographic toner dusts and their dimethyl sulfoxide (DMSO) extracts on cultured human epithelial A 549 lung cells in vitro N-s. *Arch Pharmacol*, 2008; 377 Suppl. 1 : 82 – 82
- Gminski R. et al.: Genotoxic effects of three selected black toner powders and their dimethyl sulfoxide extracts in cultured human epithelial A549 lung cells in vitro. *Environ Mol Mutagen* 2011; 52: 296-309
- Hahn J.U. et al.: Kriterienkatalog zur Prüfung von Tonerstäuben; *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 2004; 64: 21 – 27

- Herr C. et al.: Pilotstudie Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten. Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universität Giessen 2007.
- Jungnickel F., Kubina A., Fischer H.: Benzolemissionen aus Laserdruckern und Kopierern; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2003; 63: 193 – 196
- Kitamura H. et al.: 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; 28: 331-338
- Kleinsorge E.C. et al.: Assessment of oxidative status and genotoxicity in photocopier operators: a pilot study. Biomarkers 2011; 16: 642-648
- Mersch-Sundermann V.H.: Pilotstudie Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten, „Tonerstudie“. Institut für Innenraum- und Umwelttoxikologie, Universitätsklinikum Giessen. 2007
- Mersch-Sundermann V.H. et al.: Abschlussbericht Pilotstudie Evaluierung möglicher Beziehungen zwischen Emissionen aus Büromaschinen, insbesondere aus Fotokopierern und Laserdruckern, und Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. Gesundheitsschäden bei exponierten Büroangestellten. Auftraggeber Bundesinstitut für Risikobewertung BfR 2008.
- Möller A., Wensing M., Pflaumbaum W., Blome H.: Untersuchung von Emissionen aus Bürogeräten; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2003; 63: 71 – 77
- Möller A. et al.: Biologische Verfahren zur Abschätzung des Gefährdungspotenzial von Tonerstäuben; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2004; 64: 13 – 20
- Nakadate T et al.: A cross sectional study of the respiratory health of workers handling printing toner dust. Occup Environ Med 2006; 63: 244-249
- Nies E., Blome H., Brüggemann-Priesshoff H.: Charakterisierung von Farbtonern und Emissionen aus Farbfotokopierern/Farblaserdruckern; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2000: 60: 435 – 441
- Pott F., Roller M.; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Untersuchungen zur Kanzerogenität granulärer Stäube an Ratten – Ergebnisse und Interpretationen; Dortmund, 2003

- Schripp T., Mulakampilly S. J., Delius W., Uhde E., Wensing M., Salthammer T., Kreuzig R., Bahadir M., Wang L., Morawska L.: Comparison of ultrafine particle release from hard-copy devices in emission test chambers and office rooms; Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 2009; 69: 71 - 76
- Siegmann S. und Jansing P.-J.: Innenraumbelastung durch Laserdrucker und Fotokopiergeräte; Praktische Arbeitsmedizin 2005; 2: 6-11
- Smola T., Georg H. , Hohensee H.: Gesundheitsgefahren durch Laserdrucker? Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 2002; 62: 295 - 301
- Thüringer Ministerium für Soziales, Familie und Gesundheit: Gefahrstoffe im Büro; 3. aktualisierte Auflage
- Verwaltungs-Berufsgenossenschaft VBG, Hamburg: Laserdrucker sicher betreiben, Ausgabe März 2006
- Yang C.Y., Haung Y.C.: A cross-sectional study of respiratory and irritant health symptoms in photocopier workers in Taiwan. J Toxicol Environ Health 2008; 71: 1314-1317