

Innenraumbelastungen und Gesundheitsstörungen durch Drucker und Kopiergeräte

Gegenwärtiger Wissensstand und Vorschläge zur Prävention

Von Oberarzt Dr. med. Marc Müller,
Dr. med. Michaela Mittmann und
Univ.-Prof. Dr. med. Axel Buchter

1. Einleitung

Drucker und Kopiergeräte sind in Büros aber auch zuhause allgegenwärtig und bedingt durch den vollzogenen Wandel zur Informationsgesellschaft sicherlich unverzichtbar. In den letzten Jahren wird immer häufiger die Besorgnis artikuliert, dass die Exposition gegenüber Emissionen dieser Geräte zu gesundheitlichen Beschwerden führt und im schlimmsten Falle chronische Erkrankungen hervorrufen könnte. Sicherlich sind solche Bedenken nicht unberechtigt, gibt es doch einige Falldarstellungen, die adverse Effekte bei einzelnen Personen aufzeigen. Zudem ist aus der Umweltmedizin bekannt, dass die erhöhte Exposition gegenüber Feinstaub (und ggf. Ultrafeinstaub, wie sie auch beim Drucken und Kopieren entstehen) die Lebenserwartung in toto und einzelne Erkrankungen wie beispielsweise koronare Herzkrankheit, chronische Bronchitis, Asthma bronchiale und das Krebsrisiko beeinflusst.

Die Besorgnis von Büroangestellten und Angehöriger anderer Berufsgruppen, die täglich mit Kopierern umgehen oder neben einem Drucker arbeiten, ist nachvollziehbar. Dies insbesondere, da sich diverse Populärmedien gerne der Thematik annehmen, teilweise pseudowissenschaftliche, schlagzeilenträchtige Ergebnisse publizieren und somit allzu oft unberechtigte Ängste schüren.

Dagegen darf in Anbetracht der Studienergebnisse und der wissenschaftlichen Surrogate, die auf adverse Effekte zumindest hindeuten, keine Generalentwarnung erfolgen. Eine ausgewogene, nüchterne Betrachtungsweise ist erforderlich, um Mitarbeiter adäquat zu beraten.

Insofern werden im Folgenden die wesentlichen Ergebnisse der aktuellen Forschung zusammengefasst und darauf basierend Empfehlungen zur möglichen Vorgehensweise gegeben. Wir weisen an dieser Stelle bereits darauf hin, dass eine entsprechende Umsetzung vor Ort immer in Rücksprache mit dem zuständigen Betriebsarzt und der Fachkraft für Arbeitssicherheit zu erfolgen hat, da individuelle Besonderheiten, seien sie persönlicher, lokaler oder situativer Natur, naturgemäß in die Beurteilung einfließen müssen.

2. Kurzer technischer Abriss

Die Technik der Druckerherstellung bei Printer und Kopiergerät ist vergleichbar, darüber hinaus sind auch die beiden bekannten Druckarten – **konventionelles Verfahren** (nach Xerox®) und **Laserprinting** – im Hinblick auf die verwendeten Toner und Emissionen in qualitativer und quantitativer Hinsicht nicht wesentlich different.

Zusammengefasst wird bei allen Verfahren mithilfe von Potentialdifferenzen auf eine Selen-beschichtete Aluminiumwalze Toner aufgebracht, der an das zu bedruckende Papier abgegeben wird und unter Druck und Hitze fixiert wird.

Gesonderter Betrachtung bedürfen dagegen **Thermodrucker**, wo keine relevanten Aerosole oder andere Emissionen entstehen.

Die Druckflüssigkeit von **Tintenstrahlprintern** besteht zu 60–80% aus Wasser, zu 3–4% aus Farbstoffen und organischen Lösemitteln. Eine relevante Aerosolbildung findet beim Druckvorgang nicht statt, darüber hinaus ist die Lösemittel-emission wahrscheinlich vernachlässigbar gering.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher nur auf Drucker und

Kopiergeräte, die nach dem konventionellen oder Laser-gestützten Verfahren arbeiten.

3. Emissionen von Druckern und Kopierern allgemein

- **Lärmentwicklung**, möglicherweise verbunden mit Konzentrationsstörungen der Mitarbeiter.
- Emission von **Papierstaub**, möglicherweise verbunden mit unspezifischen Reizungen und allergischen Reaktionsformen des oberen und unteren Aerodigestivtrakts (z.B. allergenes Kolophonium in „Umweltpapier“).
- Emission **warmer Luft**, möglicherweise ebenfalls verbunden mit Reizungen insbesondere des oberen Aerodigestivtrakts.
- **Unangenehmer Geruch**.
- Mögliche Emission von **Tonerstaub, Gasen, flüchtigen Verbindungen, Metallen**, zumeist handelt es sich hierbei um ein komplexes Gemisch aus Feinstaub gemeinsam mit organischen Verbindungen und Gasen.

4. Emissionen en detail

4.1 Tonerstäube

Zusammensetzung von Tonerstäuben

Tonerstaub besteht zu 90% aus einem Harz als Trägersubstanz, zumeist einem Styrolacrylatpolymer, in seltenen Fällen auch aus Polyester- oder Epoxidharzen. Eine Metabolisierung des per se inerten Styrolpolymers nach systemischer Inkorporation (z.B. zu toxischem Styrol) ist nach Ergebnissen von Tierversuchen beim Menschen eher nicht zu erwarten.

In das Harz sind ca. 5% Farbpigmente (Triphenylmethane, Perylene und – insbesondere früher – karzinogene Azoverbindungen) oder Carbon Black (Industrieruß) als eigentliche Farbgeber eingestreut. Die einatembare Fraktion von Industrieruß ist

von der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft als möglicherweise karzinogen eingestuft (K3b: „Aus In-vitro- oder aus Tierversuchen liegen Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung vor, die jedoch zur Einordnung in eine andere Kategorie nicht ausreichen. Zur endgültigen Entscheidung sind weitere Untersuchungen erforderlich“).

Darüber hinaus finden sich in Toner (magnetisierbare) Metalle und deren Oxid wie beispielsweise Chrom, Eisen, Strontium, Titan, Zink, Zinn und andere.

Schließlich können der Harzmatrix auch flüchtige organische Verbindungen in geringen Mengen angelagert sein, so zum Beispiel Styrol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, Phenole, Aldehyde, Ketone, Karbonsäuren und das karzinogene Benzol.

In älteren Produkten waren die Tonerpartikel teilweise mit krebserzeugenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen und Nitropyrenen kontaminiert, wobei dies bei den aktuell vertriebenen Tonern durch verbesserte Reinigungsmechanismen nicht mehr vorkommen sollte.

Tonerstaub wird bei der Herstellung gemahlen, so dass die einzelnen Teilchen im Endprodukt einen Durchmesser von ca. 5–7µm (Spannweite 2–10µm) haben. Es ist jedoch absehbar, dass zukünftige Entwicklungen hin zu noch kleineren Teilchengrößen tendieren, insbesondere um dem gewachsenen Anspruch an die Druckqualität Rechnung zu tragen.

Sicherlich ist eine genaue Analyse der Tonerinhaltsstoffe zur ersten Risikoeinschätzung sinnvoll, dennoch ist bei deren Beurteilung Vorsicht geboten,

- da sich die einzelnen Toner je nach Hersteller und Herstellungsverfahren teilweise erheblich in ihrer Zusammensetzung und insbesondere dem Gehalt an toxischen Ingredienzien unterscheiden. Eine Verallgemeinerung (wie „Toner ist toxisch“) ist somit nicht möglich.

- da die Tatsache, dass toxische Stoffe (zumeist in nur geringen Mengen) in den Nativtonern anzutreffen sind, zwar beachtenswert und nicht wünschenswert ist, dies jedoch noch keine Aussage darüber zulässt, ob beim Betrieb der Geräte auch toxische Substanzen in die Umgebungsluft geraten.

Emission von und Exposition gegenüber Tonerstäuben

Zur tatsächlichen Exposition am Arbeitsplatz gibt es wissenschaftliche Untersuchungen, die cum granu salis ein einheitliches Bild zeichnen. Drucker und Kopiergeräte emittieren Feinstaub, wobei sehr hohe Konzentrationen in der Umgebungsluft insbesondere beim Nachfüllen und Wechsel der Kartuschen und im Zuge von Reinigungsarbeiten entstehen.

Die Menge an Feinstaub ist – je nach Gerät, Tonerart und Umgebungsbedingungen – möglicherweise größer als der durchschnittliche Feinstaubanteil in der Umwelt, erreicht jedoch in keinem Fall den toxikologisch begründeten Staubgrenzwert.

Dessen ungeachtet müssen die aktuellen Ergebnisse einer Pilotstudie des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) zu Toneremissionen kritisch diskutiert werden. Hier wurden bei Verwendung von Laserdruckern erhöhte Konzentrationen an Ultrafeinstäuben in der Raumluft gefunden. Dieses Ergebnis wirft sicherlich noch einige Fragen auf, so beispielsweise, woher diese nanoskalierten Partikel stammen und woraus sie bestehen. Tatsächlich gibt es Hinweise, dass Ultrafeinstäube infolge ihrer großen Oberfläche toxischer sind als größere Partikel. Auch gilt für sie nicht der soeben erwähnte allgemeine Staubgrenzwert. Hier bleiben weitere Untersuchungen zur Exposition und Zusammensetzung abzuwarten.

Potentielle Wirkungen von Tonerstäuben

Reiner Tonerstaub (ohne oben beschriebene Additiva) wirkt im Tierversuch zytotoxisch und hat die Potenz, bronchopulmonale Entzündungen zu induzieren.

Zudem sind Lungenfibrosen (am ehesten als Folge einer chronischen Entzündung) beschrieben. Die Ergebnisse zur Tumorinduktion widersprechen sich und zeichnen kein einheitliches Bild. Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Tierversuchen auf den Menschen ist indes äußerst fraglich, da die applizierten Mengen um ein Vielfaches die beim Menschen beschriebenen Expositionen übersteigen. Extrapoliert auf geringe Dosen ergibt sich nach den vorliegenden Daten rechnerisch, dass Tonerstaub im für den Menschen relevanten Bereich keine adversen Effekte haben dürfte. Dennoch zeigen diese Ergebnisse (und die hier nicht weiter erwähnten Daten aus in vitro Studien), dass diese Stäube ein grundsätzliches toxisches Potential besitzen. Hier besteht sicherlich weiterer Forschungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf die Exposition gegenüber ultrafeinen Partikeln.

Größere epidemiologische oder experimentelle Studien zu Effekten von reinen Tonerstäuben beim Menschen existieren in der Literatur nicht.

4.2 Ozon

Ozon entsteht durch Ionisation beim elektrischen Laden der Walze und anderen Vorgängen. Ozon reizt die Schleimhaut, kann Asthmaanfälle induzieren und ist überdies von der Senatskommission der deutschen Forschungsgemeinschaft als mögliches Karzinogen eingestuft (K3b).

Die Entstehung und damit die Emission wird bei Druckern und Kopiergeräten neuerer Generation durch technische Verfahrensumstellungen minimiert resp. vermieden, zudem können durch regelmäßige Wartung und Ozonfilter Entstehung und Release vermindert werden.

Dennoch ist gerade bei Verwendung älterer Geräte eine relevante Exposition – verbunden mit Schleimhautreizungen, Husten etc. – nicht auszuschließen.

4.3 Organische Verbindungen

Die Emissionen älterer Geräte und nicht geprüfter Toner können geringe Anteile des krebserregenden, hämatoto-

Fortsetzung auf Seite 38