

## **Druckeremissionen – Aktueller Wissensstand**

Rudolf A. Jörres

Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Klinikum der Universität München (LMU)

*XI. Potsdamer BK-Tage, 21. Mai 2016*

### **Zusammenfassung des Vortrags**

Das Interesse an möglichen gesundheitlichen Wirkungen von Tonerbestandteilen und den Emissionen von Laserdruckern und Photokopiergeräten reicht zeitlich weit zurück, und immer wieder wurden Fallberichte über abträgliche Wirkungen auf die menschliche Gesundheit publiziert. Allerdings sind so gut wie alle diese Fälle problematisch, vor allem was die eindeutige Zuordnung zur Noxe sowie die angewandten diagnostischen Standards anbelangt. Ferner sind die berichteten Effekte so heterogen, dass sie keinen Rückschluss auf einen näher beschreibbaren kausalen Mechanismus zulassen. Besser stellt sich die Datenlage dar bezüglich der konkreten Frage des Umgangs mit Toner bei Personen, die in der Herstellung oder Wartung entsprechender Geräte tätig sind. Zwar wurde das vermehrte Auftreten von Atemwegsbeschwerden berichtet, doch fanden sich in epidemiologischen Untersuchungen auch scheinbar „protektive“ Effekte“, welche die überragende Bedeutung konfundierender, z.B. sozialer Variablen unterstreichen. Insgesamt spricht die Datenlage nicht für umfängliche oder relevante gesundheitliche Wirkungen einer Tonereexposition.

Vom Toner, der praktisch nur bei unsachgemäßer Handhabung als grober Staub freigesetzt wird, zu unterscheiden ist die Emission von Partikeln durch den Drucker bzw. Kopierer. Beim Druckprozess, vor allem dem Fixieren, treten hohe Temperaturen auf, die zu einem Verdampfen von Kohlenwasserstoffen führen. Diese stammen aus dem Toner, dem Papier, aber auch dem Gerät, z.B. Ölen und Flammschutzmitteln. In der Raumluft kühlen diese Kohlenwasserstoffe ab und kondensieren aufgrund ihres niedrigen Dampfdrucks zu Nanopartikeln mit Durchmessern im Bereich von ca. 20-100 nm. Die Freisetzung hängt von vielen Bedingungen ab und variiert um mehrere Größenordnungen von Gerät zu Gerät. Man kann sich als Verbraucher an dem Gütesiegel „Blauer Engel“ orientieren, um Geräte mit niedrigen Emissionen zu identifizieren. Geräte mit sehr hohen Emissionen sind auf dem sich rasch verändernden Markt ohnedies in der Minderheit. Die Exposition hängt von weiteren Faktoren wie Druckfrequenz und Lüftung ab. Häufig ist die Belastung mit Partikeln aus der Außenluft deutlich höher als die Belastung durch Drucker; letztere erzeugt in der Regel nur kurzzeitige Spitzen.

Will man die Frage nach gesundheitlichen Effekten von Druckeremissionen wissenschaftlich solide beantworten, so stehen verschiedene Wege zur Verfügung. Ich beschränke mich in dieser Darstellung auf akute Effekte und nichtmaligne Wirkungen, da maligne gesundheitliche Effekte extrem schwer kausal zu belegen sind. In einigen wenigen Untersuchungen wurden Personen, die in Kopierzentren arbeiten, mit Kontrollpersonen verglichen. Es fanden sich häufiger Symptome vor allem der Atemwege, aber auch Veränderungen der Lungenfunktion. Problematisch scheint hierbei vor allem die Wahl der Kontrollgruppe, teils auch die enorme Hintergrundbelastung mit Partikeln, die das Zehnfache oder mehr der in Deutschland gängigen Werte betrug. Tierversuche wurden ebenfalls durchgeführt, allerdings bei sehr hohen Expositionen mittels Einspritzen von partikelhaltigen

Lösungen in die Luftröhre. Die beobachteten Effekte entsprachen im Wesentlichen denen, die man mit Partikeln der verschiedensten Art bei derartigen Versuchen beobachtet. Ferner erfolgten Untersuchungen an Zellkulturen. Auch hier zeigten sich Effekte auf die Zellfunktion, Lebensfähigkeit, Marker des oxidativen Stress, sowie auf Marker der Genregulation. Diese Effekte hingen von der Art der verwendeten Zellen ab und erforderten hohe Expositionen. Es ist völlig unklar, inwieweit diese unter artifiziellen Bedingungen gewonnenen Daten auf den Menschen übertragen werden können, der zugleich über vielfältige Abwehr- und Reparaturmechanismen verfügt.

Experimentelle Untersuchungen am Menschen sind in der Regel aufwändig. Als Ersatz diente einer Arbeitsgruppe eine Exposition in einem Copyshop, in dem die Probanden den Tag verbrachten. Hierbei fand man in Proben aus den oberen Atemwegen einen vorübergehenden Anstieg von Markern der Zellaktivierung bzw. Entzündung sowie eines Markers des oxidativen Stress im Urin. Es handelte sich um eine zwar realistische, aber nicht kontrollierte Exposition mit sehr begrenzter Aussagekraft.

In der eigenen Arbeitsgruppe (LMU München, Arbeitsmedizin) führten wir in Zusammenarbeit mit der BAM, Berlin, eine experimentelle kontrollierte Studie durch, die durch die DGUV unterstützt wurde (FP294). Diese zeichnete sich dadurch aus, dass neben Kontrollpersonen auch solche mit leichtgradigem Asthma untersucht wurden auf der Basis der Annahme, dass diese am ehesten das Potential zeigen, Reaktionen der Atemwege zu entwickeln. Vor allem aber wurden auch Personen eingeschlossen, die Beschwerden durch Laserdrucker oder Photokopiergeräte angaben. Alle Personen nahmen an zwei Expositionen in einer Expositions-kammer teil. In dieser befanden sich zwei Drucker, die praktisch keine Partikel abgaben, sowie zwei Drucker, die sehr hohe Emissionen erzeugten. Die Paare von Druckern wurden während der Expositionen identisch betrieben, und die Teilnehmer wussten nicht, welche Art von Drucker in Betrieb war. Damit wurden zum einen der Hintergrundlevel von 2.000-4.000 Nanopartikeln pro Kubikzentimeter und zum anderen ein Level von 100.000 Nanopartikeln pro Kubikzentimeter über mindestens 60 Minuten erreicht. Vor und nach den Expositionen erfolgten umfangreiche Messungen mit zum Teil selbstentwickelten und optimierten Verfahren. Diese umfassten Lungenfunktionsmessungen sowie Messungen in Ausatemluft, Blut und Nasensekret, dazu die Erfassung von Symptomen und psychometrische Tests. Zwar fanden sich teils Unterschiede der Werte vor und nach Exposition, jedoch niemals signifikante Unterschiede zwischen den Expositionen oder der Reaktionen zwischen den drei Gruppen von Teilnehmern. Alle Effekte waren klein bis sehr klein, und die statistische Signifikanz war offenbar der hohen Messgenauigkeit geschuldet. Die Gruppen unterschieden sich insofern, als die Betroffenen im Mittel eine höhere Geruchssensitivität sowie eine höhere negative Affektivität und eine geringere positive Affektivität aufwiesen; ungefähr die Hälfte der Betroffenen erfüllte die Kriterien einer selbstberichteten MCS.

Ungeachtet der Limitationen der Studie legen ihre Ergebnisse nahe, dass auch eine sehr hohe, über eine Stunde aufrechterhaltene Exposition gegenüber aus Laserdruckern freigesetzten Nanopartikeln keine klinisch relevanten akuten Wirkungen hervorruft. Gleichwohl erscheint es sinnvoll, offiziellen Empfehlungen zu folgen, denen das Prinzip ALARA (as low as reasonably achievable) zugrunde liegt, d.h. Expositionen so niedrig wie möglich zu halten sowie vermeidbare Expositionen und Belästigungen durch Laserdruckerbetrieb zu unterbinden, um den Leidensdruck von Betroffenen zu minimieren und keine neu auftretenden Beschwerden zu provozieren.