Studien-Factsheet

Feinstaub: Das sagt die Wissenschaft

Laserdrucker, Faxgeräte und Kopierer stoßen große Mengen von Feinstaub aus. Vor allem die Mitarbeiter in Büros sind dieser Belastung ausgesetzt: Mehr als 70 Prozent von ihnen arbeiten mit Laserdruckern, 82 Prozent davon sitzen sogar weniger als drei Meter von dem Gerät entfernt. Die Ergebnisse verschiedener Studien begründen den Verdacht, dass vor allem die sehr feinen Staubpartikel aus den Bürogeräten eine Gefahr für die Gesundheit bedeuten können. Um eine abschließende Risikobewertung vornehmen zu können, sind weitere Untersuchungen notwendig. Den aktuellen Status quo der Forschung gibt die Tonerstudie des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) wieder.

Studienauswahl zum Thema

1. **Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin:**
   Bewertung der gesundheitlichen Wirkung von Tonerstäuben für Menschen am Arbeitsplatz
2. **Roller, Marcus i.A. der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin:**
   Untersuchungen zur krebserzeugenden Wirkung von Nanopartikeln und anderen Stäuben
3. **Medizinische Fakultät der Universität Rostock:**
   Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Probenmaterial von asbest- und partikelexponierten Zellkulturen. Inaugutaldissertation.
4. **Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR):**
   Tonerstudie und gesundheitliche Bewertung Nr. 014/2008
5. **Toxicology Letters, Bd. 180:**
   Toner particles and their DMSO extracts caused mutagenicity and gentoxicity in human alveolar epithelial cells
6. **Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes:**
   Stellungnahme der Innenraumlufthygiene-Kommission zu Feinstäuben in Wohnräumen und Schulen
7. **International Laboratory for Air and Health, Queensland University of Technology:**
   Particle Emission Characteristics of Office Printers

1. Bewertung der gesundheitlichen Wirkung von Tonerstäuben für Menschen am Arbeitsplatz[i]

Design

- Gesundheitliche Auswertung diverser Studien über Tonerstaubemissionen nach dem Peer-Review-Verfahren (Bewertung durch unabhängige Gutachter)

Ziele

- Gesundheitliche Bewertung von Tonerstaubemissionen
- Vergleich der Belastung durch Druckerfeinstaub und umweltbedingte Emissionen
- Klärung der Frage, inwiefern eine zusätzliche Belastung durch Toneremissionen bzw. deren Inhaltsstoffe vorliegt, die über die durchschnittliche Belastung durch andere Emissionen (Verkehr, Industrie, Hausstaub u.a.) hinausgeht.

Ergebnisse

- Gesundheitliche Konsequenzen sind von der Größe der Feinstaubpartikel abhängig:
    - < 100 Nanometer (PM 0,1): Herz-Kreislauf- bzw. Herz-Lungen-Erkrankungen
    - < 1 Mikrometer (PM 1,0): Tumorerkrankungen
    - < 2,5 Mikrometer (PM 2,5): Inflamatorische Krankheiten wie Entzündungen von Augen, Haut etc.
    - < 10 Mikrometer (PM 10): Verschlechterung der Lungenfunktion[1]
- Mit einer Durchschnittsgröße von sieben Mikrometern liegen die Partikel, die ursächlich auf Toner zurückgehen, im Bereich zwischen PM 2,5 und PM 10.
- Feinstaub dieser Größenordnung kann bis in die Luftwege vordringen. Gesundheitliche Folgen sind unter Umständen erst nach Jahren in Form einer (chronischen) Bronchitis oder der allgemeinen Verschlechterung der Lungenfunktion zu beobachten.
- Kardiopulmonale Erkrankungen oder eine Erhöhung der Lungenkrebsrate werden mit Partikelgrößen von PM 1,0 und kleiner verbunden und sind daher bei Tonerstaub nicht zu erwarten.
- Aufgrund unklarer Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge und fehlender Assoziationen zwischen Exposition und gesundheitlichen Effekten gibt es auch in Zukunft erheblichen Forschungsbedarf.

---

[1] 1 Mikrometer = 0,000.001 m. Zum Vergleich: Ein menschliches Haar hat einen ungefähren Durchmesser von 70 Mikrometern.

2. Untersuchungen zur krebserzeugenden Wirkung von Nanopartikeln und anderen Stäuben[ii]

Design

- Kanzerogenitätsstudie (Studie zur krebsauslösenden Wirkung) mit 19 granulären Stäuben an Ratten: Kategorisierung der Partikel nach ihrem Durchmesser in drei Gruppen: klein-fein (0,09 – 0,2 nm), groß-fein (1,8 – 4 nm), ultrafein/Nanopartikel (0,01 – 0,03 nm)
- Die untersuchten Stäube werden alle als alveolengängige granuläre bio-beständige Stäube ohne bekannte signifikante spezifische Toxizität (GBS) bezeichnet.
- Die Lungen der Versuchstiere wurden über 15 Monate einer Belastung durch Tonerfeinstaub in unterschiedlichen Dosierungen ausgesetzt.

Ziele

- Untersuchung der Langzeitwirkung von alveolengängigen, granulären biobeständigen (GBS) Stäuben
- Klärung der Frage, welche der 19 untersuchten Stäube als spezifisch toxisch eingestuft werden können
- Untersuchung, ab welchem Durchmesserbereich und in welcher Dosis GBS-Stäube zu Lungentumoren führen
- Interpretation einer möglichen Bedeutung für den Menschen

Ergebnisse

- Bei der Kanzerogenität ist nicht die chemische Zusammensetzung der Stäube, sondern das Volumen in Verbindung mit dem Partikeldurchmesser maßgeblich.
- Ultrafeinstäube wirken etwa doppelt so stark wie klein-feine Stäube und fünf- bis sechsmal stärker als groß-feine Partikel.
- Ultrafeinstäube gehören gemäß der „19-Stäube-Studie“[2] zu den hochkarzinogenen Partikeln.
- Der Anstieg der Tumorhäufigkeit von der Kontrollgruppe bis hin zur oberen Tonerdosis lag gemäß „exaktem“ Trendtest (verallgemeinerter Fisher-Test) an der Grenze der statistischen Signifikanz.

Das Tumorrisiko der obersten Dosisgruppe war mit 5 / 114 = 4,4 Prozent 3,3-mal so hoch wie das der 450 Ratten, die nicht oder sehr niedrig exponiert waren

---

[2] Bellmann, Bernd u. a. 19-Stäube-Studie. Untersuchung zur krebserzeugenden Wirkung von Nanopartikeln und anderen Stäuben. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Wissenschaft e.V. Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin, Projektnr.: VMBG 13. München, 2005

3. Inauguraldissertation: Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Probenmaterial von asbestbelasteten Patienten sowie zellbiologische Untersuchungen an asbest- und partikelexponierten Zellkulturen[iii]

Design

- Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Probenmaterial von asbestbelasteten Patienten
- Zellbiologische Untersuchungen an asbest- und partikelexponierten Zellkulturen

Ziele

- Definition der Wirkung des zytotoxischen (zellschädigenden) Potenzials von Asbest-, Toner- und Kohlenstoffpartikeln

Ergebnisse

- Der regelmäßige Einsatz tonerhaltiger Geräte kann umwelt- und gesundheitsrelevante Mengen an Staub, Tonerpartikeln, Gummiabriebe sowie flüchtige organische Verbindungen freisetzen.
- Messungen zeigen, dass es während des Druckbetriebs zur Freisetzung von flüchtigen, organischen Verbindungen, Organozinn, Quecksilber sowie Tonerstäuben und sogar Benzol kommt.
- Hinweise auf Erkrankungen beim Menschen, die auf Tonerstäube zurückzuführen sind: Haut- und Schleimhauterkrankungen wie rezidivierende Entzündungen der Atemwege mit Rhinitis, Epistaxis, Sinusitis, Bronchitis und Asthma bronchiale. Außerdem Hautjucken, Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes bis Unfruchtbarkeit.
- Krebsfälle werden mit einer Exposition gegenüber entstehender Dämpfe, wie z.B. Benzol, in Verbindung gebracht.

4. Tonerstudie und gesundheitliche Bewertung Nr. 014/2008 des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR)[IV]

Design

- Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstands hinsichtlich einer Bewertung des Gesundheitsrisikos durch Laserdruckerfeinstaub
- Untersuchung von 63 Büroräumen in neun Bürogebäuden in vier deutschen Städten
- Analyse verschiedener Parameter wie des Büroraums selber oder der physikalischen Beschaffenheit des Feinstaubs

Ziele

- Detaillierte Übersicht des wissenschaftlichen Status quo
- Empfehlungen zum Schutz vor Druckeremissionen
- Gesundheitliche Bewertung der Auswirkungen von Tonerstaub auf den menschlichen Organismus

Ergebnisse

- Aufgrund der vorliegenden Befunde kann nicht ausgeschlossen werden, dass es durch die Exposition gegenüber Emissionen aus Büromaschinen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen kann.
- Für eine abschließende Risikobewertung reicht die aktuelle Datenlage nicht aus.

Empfehlungen

- Zum Schutz nur Geräte verwenden, die das Umweltzeichen „Blauer Engel“ tragen und Mindeststandards einhalten.
- Um ein Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung auszuschließen, sind weitere Studien erforderlich:
    - Höchste Priorität haben Studien mit dem Ziel, die physikalische und chemische Identität der gemessenen Partikel aufzuklären. Sie dienen als Basis für Untersuchungen zur Wirkung.
    - Sobald Daten zum physikalischen und chemischen Aufbau der Partikel vorliegen, ist eine so genannte kontrollierte humane Exposition sinnvoll, d.h.: eine Untersuchung der Reaktion des menschlichen Organismus auf die Bestandteile des Feinstaubs.
    - Eine umfassende epidemiologische Studie wird nur empfohlen, wenn bereits konkrete Ergebnisse zur Dosis-Wirkungs-Beziehung vorliegen. Aufgrund des hohen logistischen und finanziellen Aufwands wird ausschließlich eine Studie zur „unspezifischen Hyperreagibilität der Atemwege“ empfohlen.

5. Toxicology Letters: Toner particles and ther DMSO extracts caused mutagenicity and genotoxicity in human alveolar epithelial cells[v]

Design

- Untersuchung verschiedener Druckeremissionen auf Basis menschlicher A548 Zellen in vitro, also außerhalb eines lebenden Organismus
- Drei unterschiedliche Tonertypen (niedrige, mittlere und hohe Emissionsrate) wurden auf Toxizität getestet. Alle enthielten Rußpartikel sowie Eisenoxid.

Ziele

- Gesundheitliche Auswirkungen von Tonerstaub auf den Organismus beweisen

Ergebnisse

- Tonerpartikel auf Basis von Ruß und Eisenoxiden, können zytotoxisch (zellschädigend) und DNA-schädigend im Epithel-Lungengewebe wirken.

Weitere Studien sollten den molekularen Mechanismus beobachten und gleichzeitig den Einfluss von Größe, Struktur und Zusammensetzung der Tonerpartikel auf die Zellfunktionen analysieren.

6. Stellungnahme der Innenraumlufthygiene-Kommission zu Feinstäuben in Wohnräumen und Schulen vom 30.09.2007[vi]

Design

- Abhandlung auf Basis von Sekundärliteratur

Ziele

- Identifizierung von Feinstaubquellen in Innenräumen
- Ermittlung gesundheitlicher Wirkungen von Feinstäuben
- Lösungsvorschläge zur Verminderung der Staubquellen in Innenräumen

Ergebnisse

- Feinstaubgrenzwerte für die Außenluft sind aufgrund der unterschiedlichen Herkunft der Feinstaubpartikel nicht ohne weiteres auf den Innenraumbereich übertragbar.
- Erhöhte Feinstaubkonzentrationen in Innenräumen sind hygienisch unerwünscht.
- Feine und ultrafeine Partikel können bis tief in die menschlichen Atemwege eindringen. Partikel, die weniger als 1 bis 2 Mikrometer Durchmesser haben, können bis in die Lungenbläschen gelangen. Nanopartikel (<100 nm) können in den Blutkreislauf übertreten und gesundheitliche Probleme ergeben. Haften den Partikeln chemische Substanzen an, gelangen diese auf diesem Weg ebenfalls ins Blut.
- Solange eine gesundheitliche Belastung durch Feinstäube in Innenräumen nicht eindeutig belegt ist, sollte die Staubkonzentration der Luft so niedrig wie möglich gehalten werden.

7. Particle Emission Characteristics of Office Printers[vii]

Design

- Untersuchung von 62 Laserdruckern in geschlossenen Büroräumen in drei Schritten:
    - Beobachtung von Büroraumluft- und Außenluft-feinstaubbelastung über 48 Stunden
    - Messung der Feinstaubkonzentration in der Umgebung der beobachteten Drucker
    - Messung der Partikelkonzentration und Emissionsraten von drei verschiedenen Druckern in einer experimen-tellen Kammer

Ziele

- Erforschung der Abhängigkeit zwischen Partikelemission und Gerätetyp

Ergebnisse

- 37 Geräte (60 Prozent) wiesen keine Emissionen auf, 25 Geräte (40 Prozent) wurden als Emittenten klassifiziert, 17 Geräte als hoch emittierend und vergleichbar mit Zigarettenrauch eingestuft
- Dasselbe Druckermodell kann sowohl Nicht-Emittent als auch Emittent sein. Weitere Untersuchungen sollten daher zur Untersuchung dieses Phänomen durchgeführt werden.
- Fünffach erhöhte Partikelmenge in der Büroluft während der Arbeitszeiten
- Fein- und Ultrafeinstaubpartikel bleiben aufgrund ihrer geringen Größe für lange Zeit in der Luft
- Je heißer der Drucker wird, desto mehr Feinstaub emittiert er
- Abhängigkeit zwischen Emissionsmenge und Gerätetyp

---

[i] Brüning, Thomas u. a. Bewertung der gesundheitlichen Wirkung von Tonerstäuben für Menschen am Arbeitsplatz. Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin, 2006, S. 14 ff

[ii] Roller, Markus. Untersuchungen zur krebserzeugenden Wirkung von Nanopartikeln und anderen Stäuben, im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2008

[iii] Tautz, Susanne. Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Probenmaterial von asbestbelasteten Patienten sowie zellbiologische Untersuchungen an asbest- und partikelexponierten Zellkulturen. Inauguraldissertation an der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock, Oktober 2008

[iv] Gesundheitliche Bewertung Nr. 014/2008 des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) vom 31.03.2008

[v] Toxicology Letters, BD. 180, S. 224, 2008

[vi] Bake, D. u. a. Stellungnahme der Innenraumlufthygiene-Kommission zu Feinstäuben in Wohnräumen und Schulen vom 30. September 2007, Innenluftraumhygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes

[vii] Congrong, He, Lidia Morawaska and Len Taplin. Particle Emission characeristics of office printers. International Laboratory for Air Quality and Health, Queensland University of Technology, Australia and Queensland Department of Public Works, Brisbane/Australia