
Übersichtspapier

- **Laserdrucker belasten die Atemluft mit Aerosolen**
- **Corona-Virus Sars-CoV-2 nutzt elektrostatisch aufgeladene Laserdruckerpartikel zum Transport**
- **Saubere Luft in Innenräumen reduziert Risiken signifikant**

Das Corona-Virus trifft uns Menschen mitten ins Herz. Industrienationen mit einer hohen Luftverschmutzung und einer immer älter werdenden Bevölkerung sind in dieser Pandemie besonders betroffen.

Die Wissenschaft hat im Jahr 2020 in Rekordzeit und in einer bisher einmaligen weltweiten Zusammenarbeit neueste Erkenntnisse für den Kampf gegen das Corona-Virus gewinnen können. Schon im April 2020 meldeten Forscher weltweit, dass sie Zusammenhänge sahen zwischen hoher Feinstaubbelastung und der Sterblichkeit bei Sars-CoV-2-Infektionen.

Luftverschmutzung hat Auswirkungen auf die Gesundheit

Viele Menschen leiden „z. B. an Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, Diabetes, Leber- und/oder Nierenerkrankungen, Krebserkrankungen oder sind durch Risikofaktoren wie Adipositas und Rauchen belastet. Ein höheres Risiko tragen grundsätzlich Menschen mit einem unterdrückten Immunsystem.“¹

Langzeitexposition erhöht die Risikofaktoren für schweren COVID-19-Verlauf

„Wenn die langfristige Belastung durch Luftverschmutzung und eine Infektion mit SARS-CoV-2 zusammenkommen, dann wirkt sich das negativ auf die Gesundheit aus – insbesondere auf Herz- und Blutgefäße“, erklärte der Kardiologe und Ko-Autor der Studie, Thomas Münzel. Er hält es für wahrscheinlich, dass Luftverschmutzung das Risiko an COVID-19 zu erkranken sowie auch Herzproblematiken erhöht.“²

„Corona“-Lockdown rettet Menschenleben, denn Feinstaub führt zu vorzeitigen Todesfällen
„Wir schätzen, dass schon in den ersten zwei Wochen der Lockdowns weltweit etwa 7400 vorzeitige Todesfälle und 6600 Fälle von Asthma bei Kindern vermieden wurden“, sagt Seniorautor Jos Lelieveld vom Max-Planck-Institut für Chemie. Ein Großteil dieser Fälle geht dabei auf die zumindest regional deutlich verringerte Feinstaubbelastung zurück.“³

Dicke Luft im Innenraum

Laserdrucker sind eine relevante Quelle ultrafeiner Partikel im Innenraum

Die Außenluft hat sich in den ersten Monaten der Pandemie stark verbessert, aber was ist mit der Innenraumluft?

Europäer verbringen über 90 % ihrer Zeit in Innenräumen. *Damit ist die Belastung durch Luftverschmutzung in Innenräumen (einschließlich Chemikalien) ein sehr wichtiger Gesundheitsrisikofaktor, der kontrolliert und reduziert werden muss (WHO, 2015).* Bis heute gibt es keine Aktivitäten unserer Politik, sich diesem in vieler Hinsicht lebenswichtigem Thema anzunehmen.

Besonders dicke Luft herrscht in Raucherwohnungen und Büros. Vom Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit in Berlin wurden Ende Juni 2006 bis zu 1000 Mikrogramm je Kubikmeter Feinstaub entdeckt. "Die Feinstaubgehalte sind drinnen oft höher als draußen", sagt Heinz-Jörn Moriske, Leiter des Referats Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt in Berlin.

Schädliche Teilchen werden auch aus Kopierern und Druckern, vor allem aus Laserdruckern, ausgestoßen. "Aus diesen Geräten stammen gerade besonders kleine Teilchen von wenigen Nanometern Größe, die bis in die Blutbahn vordringen können", erläutert Moriske.⁴

Warum traf man keine Maßnahmen, um Menschen vor Schaden zu bewahren?

Die Politik wollte die Energiebilanz von Gebäuden verbessern. Der Luftaustausch wurde immens verringert. Auch angesichts dieser Problematik ist es wichtig, dass sich Politik und Behörden bewusst sind, dass die im Innenraum freigesetzten bedenklichen Emissionen begrenzt werden müssen. Verbindliche gesetzliche Regelungen für die Innenraum-Luftbelastungen sowie entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung gibt es in Deutschland und in der EU bis heute nicht. Dies ist längst überfällig.

nano-Control, internationale Stiftung – 100 Stifter – 4.000 registrierte Betroffene und ein engagiertes Team

Im Rahmen der Forschungen im vergangenen Jahr erhielt auch die Stiftung nano-Control die einmalige Chance neues, zusätzliches Wissen zu der Thematik „Schutz der Innenraumluft“ zu generieren. Dieser Wissenszuwachs, basierend auf neuesten, weltweiten Forschungsergebnissen, hätte unter „normalen“ Umständen ohne Corona-Virus Sars-CoV-2 in solch einer kurzen Periode niemals stattgefunden.

Mögliche Langzeitschäden durch Toner basierte Laserdrucksysteme: Wir können diese durch die Meldung von nahezu 4.000 Menschen schon sehr gut abschätzen, denn wir erhalten jeden Tag Kenntnis von solchen selbst vermuteten Schäden Betroffener.

Herz-Kreislauf und Atemwegserkrankungen, Entzündungen im ganzen Körper, neurologische Störungen und kollabierende Immunsysteme. Die kleinen Teilchen, welche aus Laserdruckern emittiert werden, erreichen jede Zelle unseres Körpers. Milliarden Partikel pro Seite Druck über Jahre und Jahrzehnte bleiben nicht ohne Wirkung auf den Menschen.

Soziale Folgen für die Menschen Die internationalen, wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Gesundheitswirkungen von Feinstaub, Ultrafeinstaub / Nanopartikel, Schwermetallen im Mix mit weiteren chemischen Substanzen können wir nur bestätigen.

Emissionen aus Laserdruckgeräten belasten millionenfach die Atemluft von Menschen. Sehr viele sind bereits erkrankt, oft, ohne selbst die Ursache ihrer gesundheitlichen Probleme zu erkennen. Die daraus entstehenden sozialen und wirtschaftlichen Folgen sind erschreckend.

Die bei nano-Control gemeldeten Personen zeigen uns die ganze Bandbreite der Gesellschaft. Es trifft Richter, Journalisten, Lehrer, Ärzte, Erzieherinnen, Servicetechniker, Handwerker **und leider auch Kinder**. Denn die Geräte stehen überall!

Forschung Die Stiftung nano-Control hat mittlerweile mit 120.000 € aus Spendengeldern den Fortgang der Forschung gesichert. Der Staat hatte zugesagt weitergehende Forschungen zu forcieren, diese wurden dann aber doch nicht durchgeführt. Warum dies so ist, ist in der Sache nicht nachvollziehbar.

- Pilotstudie des Bundesinstituts für Risikobewertung konnte 2007 mögliche Gesundheitswirkungen durch Laserdruckeremissionen nicht ausschließen.
- nano-Control konnte aufklären, wie Toner und andere Emissionen aus Laserdruckgeräten schädigend wirken. Sogar genotoxische Effekte wurden nachgewiesen und das heißt Krebsgefahr! Metalle und Rußpartikel aus Laserdruckgeräten wurden sogar in menschlichen Zellen nachgewiesen.
- Pathologen in Rostock untersuchten 2008 für nano-Control das Gewebe eines verstorbenen Krebspatienten und fanden in seinen Lungenzellen Kohlenstoff-Nanopartikel aus Tonern. „**Was ich hier sehe, ist schlimmer als Asbest!**“ waren die Worte des Forschers. Weiter geforscht wurde nicht.
- Pathologen in Essen fanden 2010 Kohlenstoff-Nanopartikel in der Bauchhöhle einer Bankangestellten, die unter Bauchbeschwerden litt und drei Jahren neben einem Laserdrucker gearbeitet hatte.
- Forscher des IUK Freiburg untersuchten für nano-Control die Wirkung der Druckeremissionen auf menschliche Lungenzellen und beobachteten, wie sich Tonermetalle in den Zellen anreichern und schädigenden oxidativen Stress auslösen.
- IUK Freiburg 2013: Immunologische und entzündliche Effekte – Verschlechterung der Lungenfunktion (FEV1) auf unter 30 % (von 100 %) Biologische Effekte nach Exposition auf genregulatorischer Basis: Nach Exposition gegenüber Emissionen von Laserdruckern (LSD-E), nicht aber gegenüber Tintenstrahldruckern (TSD-E), konnten Veränderungen genetischer Expressionsprofile in Richtung inflammatorischer und immunologischer Prozesse festgestellt werden.

Aus den Skandalen um Asbest und Holzschutzmittel wurde scheinbar nichts gelernt.

Durch die Pandemie hat sich unser Leben verändert

Durch Regelungen und Anordnungen verbringen Familien einen Großteil ihrer Zeit gemeinsam im Homeschooling und Home Office. In dieser Situation gelangen Laserdruckgeräte zu Preisen von inzwischen unter 100,00 € zunehmend in unsere Privaträume. Firmen und Behörden statten die

Heimarbeitplätze mit Arbeitsplatzdruckern aus. Auch die Wartung solcher Geräte im privaten Umfeld ist absolut unreguliert.

Durch die „Corona Maßnahmen“ sind nun auch Kinder von den Ultrafeinstäuben und Aerosolen aus Laserdruckern in ihrem häuslichen Umfeld jetzt noch stärker betroffen.

Das Bundesumweltamt nahm 2014 Stellung im Rahmen der Verleihung des „Blauer-Engel-Preises“ *„Beim Gebrauch von Druckern sind deshalb wichtige Regeln zu beachten: Sie sollten immer in Räumen aufgestellt werden, die sich gut und schnell lüften lassen. **Niemals sollten sie in Schlaf- oder Kinderzimmern stehen.** Dies gilt auch für Geräte mit dem Blauen Engel. In Büroräumen sollen größere, netzwerkfähige Gruppenarbeitsdrucker oder Kopiergeräte nicht unmittelbar am Arbeitsplatz stehen, sondern möglichst in separaten Räumen betrieben werden, die sich gut lüften lassen.“*⁵

Brisant wird die Situation durch die aktuelle Lage im Zusammenspiel von Aerosolen mit Viren wie dem Corona-Virus

*Bei einem Aerosol handelt es sich um kleinste, flüssige oder feste Partikel, ... einzeln oder im Verbund mit Speichelflüssigkeit oder auch Ruß, Feinstaub etc. in einem Gas, üblicherweise Luft. Die Partikelgröße reicht dabei von wenigen Nanometern – also einem Millionstel Millimeter – bis zu mehreren Mikrometern.*⁶

Diese Aerosole sind ein fantastisches Verkehrsmittel für Viren und auch andere Krankheitserreger um neue, weitere Wirte zu erreichen und deren Zellen zu befallen.

Laserdrucker emittieren Ultrafeinpartikel (UFP), die sich aus flüchtigen organisch-chemischen Substanzen zusammensetzen«, sagt Professor Dr. Tunga Salthammer, Fachbereichsleiter am WKI. »Eine wesentliche Eigenschaft dieser Ultrafeinpartikel ist ihre Verdampfbarkeit, die darauf hindeutet, dass es sich dabei nicht um Tonerstaub handelt.«

*Der »Schuldige« ist die Fixiereinheit- ein Bauteil, das sich beim Drucken auf bis zu 220 Grad Celsius aufheizt, um die Tonerteilchen auf dem Papier zu fixieren. Durch die hohen Temperaturen verdampfen flüchtige Stoffe, etwa Paraffine und Silikonöle, die sich zu Nanoteilchen zusammenlagern.*⁷

Diese Erkenntnisse haben ursprünglich Ingenieure des Herstellers Kyocera Document Solutions in Japan gewonnen und an das WKI in Braunschweig übermittelt.⁸

Wer legt Grenzwerte für den Innenraum fest?

Der Vorsitz der Kommission Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes wird seit ein paar Jahren extern vergeben. Vorsitzender ist derzeit Prof. Dr. Tunga Salthammer (Fraunhofer-Gesellschaft, WKI, Braunschweig). Geschäftsführer ist Prof. Dr. Heinz-Jörn Moriske (UBA, II BU).

Deutsche Behörden nennen seit Jahren keine Fakten und vertrauen einzig den Herstellern

Das Bundesumweltministerium (BMU), Umweltbundesamt (UBA) mit der IRK sowie die zentralen Behörden und Institutionen (z. B. BfR, BAuA, VBG, IPA, IFA) arbeiten eng zusammen mit dem Herstellerverband BITKOM und der DGUV, dem Spitzenverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften und der Unfallkassen. Dies nun seit mittlerweile nahezu 15 Jahren.

Bereits 2009 vereinbarten BMU und BITKOM, Forschung zu Partikelemissionen aus Laserdruckern und -kopierern zu koordinieren (Pressemitteilung). *„Im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes soll – speziell für Emissionen ultrafeiner Partikel – ein standardisiertes Messverfahren entwickelt werden, das in die Aktivitäten zur Entwicklung eines international standardisierten Messverfahrens eingebracht wird. Außerdem werden neue Erkenntnisse hinsichtlich der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Partikel gewonnen.“*⁹

Vielleicht sind wir erst heute an dem Punkt angekommen, der es uns ermöglicht, dies tatsächlich jetzt auch zu tun und dabei auch deren Wirkung auf den Menschen zu erforschen. Erkenntnisse kann man aus langjährigen Forschungsprojekten bezüglich Nanopartikeln ableiten.¹⁰

Besonders im Jahr 2020 gab es eine Vielzahl von Publikationen zu Innenraumluftqualität in privaten und öffentlichen Innenräumen sowie in Büros. Diese zeigen auch, welche Problematik einer wissenschaftlichen Untersuchung der extrem kleinen Partikel entgegensteht.

Gefährlicher Mix – Aerosole & ultrafeine Stäube

Seit 25 Jahren weist die Stiftung nano-Control auf die Gefahren durch Emissionen in Innenräumen hin; in diesem Zusammenhang ganz besonders auf die Gefahren beim Betrieb von Laserdruckern und Kopierern (tonerbasierte Drucksysteme), welche technologiebedingt besonders viele Partikel im Bereich der ultrafeinen - und Nanopartikel emittieren. Nicht die gravimetrisch ermittelte Masse (Gewicht der Partikel), so aber die Partikelanzahl und die Feinheit dieser Partikel, bilden die Gefahren.

- Tonerstaub (Industrieruß oder Carbon Black) ist an sich schon ein gefährlicher Stoff, darüber ist man sich einig (IARC: possibly carcinogenic to humans, Group 2B).
- Die Landesgewerbeanstalt Bayern fand in einigen Tonern krebserregendes Benzol, Nickel und zinnorganische Verbindungen.
- Toner als Farbstoff für die Laserdrucker und Kopierer ist umhüllt von Polyesterharz. Beim Druckprozess entsteht bei etwa 200°C ein weitestgehend unerforschter Mix aus potentiellen Schadstoffen im Bereich der ultrafeinen - und Nanopartikel, die offenbar in der Lage sind, die Blut-Hirn-Schranke zu durchbrechen.
- Die Emissionen enthalten giftige Schwermetalle (Antimon, Aluminium, Eisen, Blei, Gold, Kobalt, Cadmium, Chrom, Kupfer, Mangan, Nickel, Palladium, Quecksilber, Silber, Silizium, Strontium, Titan, Zinn, Zink) sowie
- volatile organic compounds (VOC), z. B. Styrol, Toluol, Xylole und Aldehyde und
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und weitere Stoffe, die u.a. im Verdacht stehen Krebs auslösen zu können.
- Es entweichen Stoffe wie p-phenylendiamin (Auslöser für Allergien bei Friseuren) und Gadolinium (MRT-Kontrastmittel: seit Anfang 2018 vom Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte in Deutschland verboten).
- ultrafeine Stäube (UFP) aus den Geräten sind gefährlich lt. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung¹¹

Lesen Sie mehr auf nano-control.org.

Forschung und Maßnahmen im internationalen Vergleich

International wird auf die Gefährdungen durch Emissionen aus Laserdruckern hingewiesen.

Vereinigtes Königreich, Irland und USA: Eine Studienzusammenfassung beschreibt die Herausforderungen, im Bereich der ultrafeinen Partikel PM_{2,5} sowie PM_{0,1} (Particulate matter) eine ausreichende Masse (μg) an Partikeln für physikalisch-chemische Charakterisierung und toxikologische in vitro- und in vivo-Studien zu sammeln, um Untersuchungen durchzuführen. Forscher wollen mit den Stoffen umfassendere und genauere Analysen durchführen, um Klarheit zu schaffen:

- „Verschiedene Mechanismen wie Entzündungsprozesse, oxidativer Stress und Genotoxizität sind an der Particulate Matter (PM)-Zytotoxizität beteiligt.
- Je höher die PM-Konzentration und die Expositionszeit, desto höher die Toxizität, und sie hängt streng von den absorbierten toxischen Schadstoffen ab.
- Der oxidative Stress scheint hauptsächlich durch die Metallfraktion erzeugt zu werden, während die Genotoxizität durch die organische Fraktion verursacht wird.
- Aufgrund der höheren Kapazität organische Schadstoffe zu absorbieren, führen PM_{0,1} im Vergleich zu PM_{2,5} zu mehr toxischen Effekten, da sie aufgrund ihrer geringen Größe in der Lage sind, schädliche Wirkungen in der Lunge und im Gehirn zu erzeugen.“¹²

Internationale Forschungen zur Wirkung der Emissionen aus Laserdruckern müssen Beachtung finden

China: Studie lässt ahnen, dass sich amerikanische Analysen bestätigen:

Zu den möglichen gefährlichen Auswirkungen der PM_{2,5}-Exposition in Druckräumen gehören die Begünstigung von Lungenentzündungen und nachfolgende Schädigungen.

„Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Exposition gegenüber PM_{2,5} aus einer Druckerei die Entzündung, Fibrose, Apoptose und die Abundanz von pathogenen Bakterien signifikant erhöhte, was darauf hindeutet, dass die Exposition eine potenzielle Bedrohung für Personen darstellt, die einen erheblichen Teil ihrer Zeit in Druckereien verbringen.“¹³

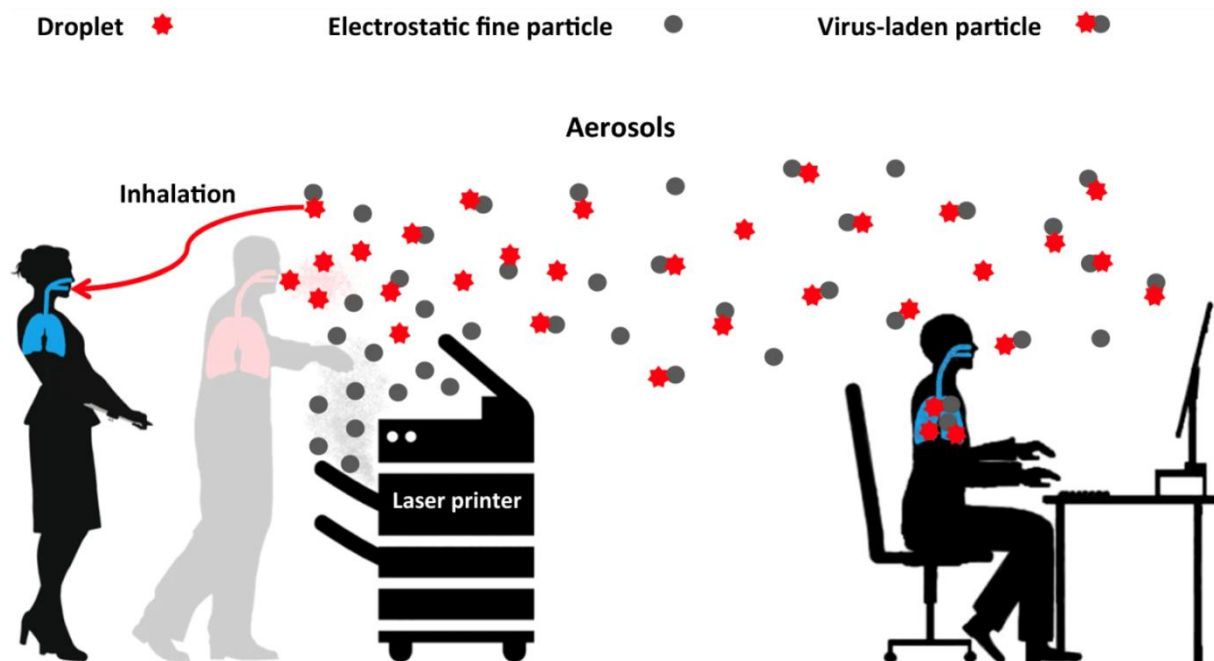
Australien: Luftgetragene Übertragung von SARS-CoV-2: Die Welt sollte sich der Realität stellen
„Am 6. Juli 2020 forderten 239 Wissenschaftler aus 32 Ländern in einem offenen Kommentar die Weltgesundheitsorganisation (WHO) zum Handeln auf, um die Informationen über die luftgetragene Übertragung von SARS-CoV-2 zu aktualisieren (Morawska und Milton 2020). Daraufhin wurde von der Organisation ein wissenschaftlicher Bericht veröffentlicht, der die Dringlichkeit dieses Themas anerkennt und gleichzeitig aktuelle Erkenntnisse und Wissenslücken zu diesem speziellen Übertragungsweg aufzeigt (WHO 2020).“

Professor Lidia Morawska, Queensland University of Technology (QUT) und Kollegen warnen eindringlich, *„dass sich das Virus über die Luft ausbreitet, und empfehlen, angemessene Kontrollmaßnahmen zu ergreifen, um eine weitere Ausbreitung des SARS-CoV-2-Virus zu verhindern, insbesondere die Entfernung der virusbeladenen Tröpfchen aus der Innenraumluft durch Lüften.“¹⁴*

Können Emissionen aus Laserdruckern als Vektoren für die luftgetragene Übertragung von SARS-CoV-2 oder auch anderer Viren dienen?

China: Während des frühen Ausbruchs in Wuhan, China, wiesen Ye et al. (2020) das Vorhandensein von SARS-CoV-2 auf Gegenständen nach, die üblicherweise in Gesundheitseinrichtungen des Zhongnan-Krankenhauses verwendet werden, wobei Drucker als der am häufigsten kontaminierte Gegenstand identifiziert wurden. In Anbetracht der Tatsache, dass Laserdrucker in Büros, Schulen, Bibliotheken und Informationszentren häufig als gemeinsam genutzte Einrichtungen mit häufigem Kontakt zwischen verschiedenen Benutzern verwendet werden, erhöhen ein solches Nutzungsmuster und ihre lokalisierte Partikelemission in der Nähe der menschlichen Ausatemzone die Wahrscheinlichkeit eines Kontaktes zwischen den Viren und den von Laserdruckern emittierten Partikeln. Die Forscher stellen klar, dass „der Einfluss von Luftschadstoffen in Innenräumen auf die luftgetragene Übertragung bisher weitgehend übersehen wurden. Insbesondere Laserdrucker sind eine primäre Quelle von Partikelemissionen, die die Feinstaubkonzentration in der Innenraum-atmosphäre erhöhen, indem sie erhebliche Mengen elektrostatischer Feinstpartikel freisetzen, und zwar mit ähnlichen Raten wie Tabakrauchen und Räuchern.“

Die Forscher stellten die Hypothese auf, dass die von Laserdruckern emittierten Partikel einen potenziellen Risikofaktor für die Übertragung von SARS-CoV-2 in Büros und anderen Innenräumen mit hoher Benutzerbelegung darstellen. ... Sie fanden heraus, dass die Emissionsraten von Laserdruckern zwischen 10⁸ und 10¹² Partikeln min⁻¹ liegen und diese feinen Partikel typischerweise über längere Zeiträume in der Raumluft schweben. Die elektrostatische Ladung dieser Partikel kann bis zu 260-379 e pro Partikel betragen, was ihre Oberflächenadsorption und Ablagerung in den menschlichen Atemwegen begünstigt. Die lokale Emission durch Laserdrucker und die anschließende Diffusion erhöhen die Partikelkonzentration in der Nähe des menschlichen Atembereichs stark.



Reprinted with permission of Dr. Eric Lichtfouse, Chief Editor, from [Electrostatic fine particles emitted from laser printers as potential vectors for airborne transmission of COVID 19]

„Eine schematische Darstellung der von Laserdruckern emittierten geladenen Partikel als Vektoren für die luftgetragene Übertragung von Atemwegsviren in Büroumgebungen. Laserdrucker sind eine Hauptquelle für Feinstaub in der Raumluft. Diese ultrafeinen Partikel sind elektrostatisch aufgeladen und können über einen längeren Zeitraum in der Raumluft verbleiben. Durch lokalisierte Emissionen entstehen Hot Spots mit hohen Partikelkonzentrationen in der Nähe von Mund und Nase des Benutzers. Häufiger Kontakt zwischen verschiedenen Benutzern in öffentlichen Räumen erhöht die Wahrscheinlichkeit eines Kontakts zwischen Viren in der menschlichen Atemluft und Partikeln, die von Laserdruckern emittiert werden.“¹⁵

China: Gesundheitliche Auswirkungen der beruflichen Exposition gegenüber Drucker-Emissionen bei Arbeitern in China: Veränderung der kardiopulmonalen Funktion

„Drucker emittierten während des Betriebs Nanopartikel (NPs), Ozon (O₃) und flüchtige organische Chemikalien (VOCs), die die sich negativ auf die Luftqualität im Druckraum auswirkten. Das Ziel dieser Arbeit war es, die gesundheitlichen Auswirkungen der berufsbedingten Exposition gegenüber Druckeremissionen bei 53 Druckereimitarbeitern und 54 Raumarbeitern und 54 Kontrollen in Peking, China zu untersuchen, insbesondere die Herz-Kreislauf- und Lungenfunktion. Die signifikantesten Veränderungen der kardiopulmonalen Funktion wurden bei exponierten Arbeitern mit einer Beschäftigungszeit von mehr als 10 Jahren gefunden. Die multiple lineare Regression zeigte auch, dass die Druckerexposition die Exposition gegenüber Drucker-Emissionen mit erhöhtem systolischem Blutdruck und mittlerem arteriellem Druck verbunden war, während die Lungenfunktions-Indizes abnahmen. In dieser Studie wurden Veränderungen in der kardiopulmonalen Funktion von Mitarbeitern festgestellt, die den Emissionen von Druckern ausgesetzt waren. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit und Dringlichkeit, die Umgebung von Druckräumen zu verbessern und die Gesundheit der exponierten Mitarbeiter zu schützen.“¹⁶

Welchen Effekt haben die Emissionen auf den Menschen?

Wissenschaftler der Nanyang Technological University, Singapore, Zuckerberg College of Health Science und Harvard T. H. Chan School of Public School, USA konnten einen Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Nanopartikeln und den Mikrobiomprofilen von exponierten Arbeitern feststellen. Sie identifizierten Fusobacterium, Leptotrichia und Campylobacter. Ihre Arbeit liefert zum ersten Mal Beweise für einen Effekt der Nanopartikel-Exposition auf das menschliche Atemwegs-Bakteriom.¹⁷

Auch in der Europäischen Union müssen die (Verbraucher) Nutzer solcher Geräte auf die Gefahren hingewiesen werden, Ihnen muss das Risiko bewusst gemacht werden, um entsprechend handeln zu können.

Gesundheitliche Folgen von jahrzehntelangen Expositionen durch Laserdrucker-Emissionen

Feinstaub induziert Zytokinexpression in menschlichen bronchialen epithelialen Zellen. Die Nanopartikel-Exposition hat einen Effekt auf das menschliche Atemwegs-Bakteriom. Mitochondriopathie, eine systemischen Entzündung, eine gestörte Immuntoleranz, nitrosativer Stress, oxidativer Stress: Betroffene leiden unter einer silent inflammation, die zu Multisystemerkrankungen führen kann. Ausgelöst werden sie nach Martin L Pall durch Gifte, Metalle, Stress, Viren und Bakterien.

Hier ein weiterer Bezug zum Corona-Virus, ein ebenbürtiger Trigger zu den Laserdrucker-Emissionen. Es entsteht u.a. folgende Erkrankung:

Das Chronische Fatigue Syndrom (ME/CFS) – eine unterschätzte Erkrankung

Prof. Dr. Carmen Scheibenbogen leitet an der Charité in Berlin das einzige Fatigue Centrum in Deutschland. Das Chronische Fatigue Syndrom (CFS), auch myalgische Enzephalomyelitis (ME) genannt, ist eine häufige und schwer verlaufende Multisystemerkrankung mit Dysregulation des Immunsystems, des autonomen Nervensystems und des zellulären Energiestoffwechsels. 18 ME/CFS, MCS, Fibromyalgie, EHS sind Multisystemerkrankungen unter denen die bei nano-Control gemeldeten Betroffenen leiden, die Jahre bis Jahrzehnte den Laserdrucker-Emissionen ausgesetzt waren. Beim Nachweis der immunologischen und entzündlichen Reaktionen werden immer wieder Zytokine und Chemokine in hoher Konzentration bei diesen Menschen nachgewiesen.

Wir sollten Fragen stellen und Maßnahmen ergreifen

- Nutzt das Corona-Virus Sars-COV2 die elektrostatisch aufgeladenen, ultrafeinen Partikel aus den Laserdruckern als Vektor (Überträger)?
- Welche Rolle spielt die prozessbedingte Temperatur von 200 Grad Celsius in der Fixiereinheit der Geräte?
- Wie verhalten sich elektrisch geladene Partikel wie ultrafeine Stäube und Aerosole, wenn Menschen sich in Räumen bewegen?
- Wollen wir in der Zukunft unter Einsatz des gewonnenen Wissens, durch technologischen Fortschritt und vorgeschriebene Maßnahmen, Krankheiten vermeiden und reduzieren, welche durch nicht natürliche Belastungen unserer Atemluft (hier in Innenräumen) entstehen?
- Wollen wir die aerogene Übertragung von Krankheitserregern (wie auch z.B. Viren) ausschalten oder entscheidend reduzieren durch geeigneten Schutz der Innenraumluft?
- Wollen wir die Ursache, die Entstehung von gesundheitsschädlichen Emissionen in Innenräumen verhindern oder weiterhin die Symptome und die Folgen beobachten und ggf. auch die gesundheitlichen Folgen und Folgekosten tragen?

Internationale Maßnahmen zum Schutz der Innenraumluft vor Laserdrucker-Emissionen

USA

Die amerikanische Umweltbehörde EPA weist beim Thema Innenraumluft auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) hin. Als Quelle wird auf Bürogeräte wie Kopierer und Drucker hingewiesen.¹⁹

Australien

Der Victorian Trades Hall Council (VTHC) ist das Spitzengremium, das die angeschlossenen Gewerkschaften in Victoria vertritt.

Auf der Seite wird umfangreich über die Gefahren im Büro: Fotokopierer, Drucker usw. - Aktionsplan für Health Services Research informiert und ein Aktionsplan für Gesundheits- und Sicherheitsbeauftragte dargestellt.²⁰

Europäische Kommission - EU Action Plan toward a Zero Pollution Ambition

Wie im Europäischen Green Deal (EGD) angekündigt, soll im Jahr 2020 eine Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit verabschiedet werden, die sich mit den Zielen der Chemikalienpolitik.

Die Strategie wird die Notwendigkeit eines Nullverschmutzungsziels anerkennen, was auch eine Verschärfung der Produktsicherheitsvorschriften erfordern könnte, um das Austreten von Chemikalien in die Umgebungsluft zu vermeiden. Im breiteren Kontext der Initiativen zu Druckern verhandelt die Industrie derzeit über eine neue freiwillige Vereinbarung zu Druckern, die auch Druckkassetten umfasst und Aspekte wie Energieeffizienz und Haltbarkeit, Reparierbarkeit, Aufrüstbarkeit, Wartung, Wiederverwendung und Recycling abdeckt. Sollte diese freiwillige Vereinbarung nicht ehrgeizig genug sein, hat sich die Kommission zu einer Regulierung verpflichtet.²¹

Deutschland Gemeinsam mit der Industrie wurde der Blaue Engel 2014 eingeführt. Kriterium für Bürogeräte mit Druckfunktion (Drucker und Multifunktionsgeräte): Die Freisetzung von flüchtigen Stoffen und Stäuben während des Druckprozesses in die Innenraumluft **soll möglichst gering sein.**²²

Ursachen evaluieren – Lösungen finden – Atemluft schützen – Gesundheit stärken

Wir beschäftigen uns vorrangig mit Lock-Down Regelungen, Social Distancing , AHAL-Regeln, Home Office, Homeschooling und dem Start der Impfungen.

Die Mess- und Basisdaten zur Lageeinschätzung werden immer wieder verändert und angepasst (R-Wert, Infizierte ohne und mit Symptomen, Virusvarianten und -mutationen werden bis heute in Deutschland nicht wissenschaftlich erhoben und somit auch nicht wissenschaftlich ausgewertet. Anhand empirischer Forschung unter Kontrolle und qualitativer Bewertung der Innenraumluft bei Berücksichtigung der Umgebungssituation und Aufnahme aller Risikofaktoren könnte man prüfen, ob Veränderungen der Aerosol- und Feinstaubsituation auch zu einer Veränderung des Infektionsrisikos führen.

Es gibt ein großes Potential eine signifikante Verbesserung der Corona-Situation zu erreichen, indem wir versuchen, das Verhalten der extrem kleinen Partikel in der Raumluft besser zu verstehen und durch geeignete Maßnahmen Menschen zu schützen und Leben zu retten.

- 20 Millionen (Anzahl steigend) Laserdrucker und –kopierer stehen in Deutschland in Innenräumen.
- 3-D Drucker für den Hausgebrauch sind stark im Kommen
- Diese Geräte belasten die Raumluft signifikant mit Aerosolen, Ultrafeinstäuben bzw. Nanopartikeln.
- Wir Menschen halten uns bis zu 90 % unserer Zeit in Innenräumen auf.
- Eine Feinstaubbelastung kann zu folgenden Krankheiten führen: Reizungen der unteren und oberen Atemwege, Asthma, COPD, Lungenkrebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bluthochdruck, Schlaganfall, Thrombosen, Verschlechterung der Hirnleistung.
- Vorerkrankungen sowie Feinstaubbelastung bedeuten ein erhöhtes Risiko einen schweren Krankheitsverlauf durch das Corona-Virus Sars-CoV-2 zu erleiden, besonders bei den zuvor benannten Erkrankungen oder Belastungen.
- Viren und andere Krankheitserreger können den Transportweg über die Luft (Innenraumluft) nutzen und so Infektionsketten erzeugen, welche nicht oder nur äußerst schwierig nachzuvollziehen sind.

Vorbeugen ist besser als heilen

Intelligente Heilmittel zur Bekämpfung von COVID-19 und zukünftigen Krankheitserregern: ein Review

Was wäre, wenn wir unserem Immunsystem die Chance geben, sich selbst zu wehren? Versetzen wir es in den optimalen Zustand, dem Virus auf Augenhöhe begegnen zu können.

Forscher aus **Frankreich und China** vergleichen „*Therapeutika für COVID-19 wie synthetische Medikamente, Impfstoffe, Antikörper und Phagen. Sie stellen die Stärken und Grenzen von antibiotischen und antiviralen Medikamenten, Impfstoffen und antikörperbasierten Therapeutika vor, beschreiben intelligentere, billigere und präventive Heilmethoden wie Bakteriophagen, Lebensmittelmedizin mit Probiotika und Präbiotika, Sport, gesunde Ernährung, Musik, Yoga, Tai Chi, Tanz, Lesen, Stricken, Kochen und Aktivitäten im Freien.. Einige dieser präventiven Heilmittel wurden bereits vor Tausenden von Jahren intuitiv entwickelt, wie die faszinierende Ähnlichkeit der chinesischen Schriftzeichen für "Musik" und "Kräutermedizin" zeigt.*“²³

Minimieren der Partikel in den Innenräumen – schützt das Immunsystem und senkt das Risiko von Infektionen

Die Rolle von Innenraum-Aerosolen für die Übertragung des COVID-19-Virus: ein Review

China: Aerosolpartikel werden u.a. von Laserdruckern emittiert. Die Forscher betrachteten die Eigenschaften und die Auswirkungen auf die Atemwegsinfektionen. „*Frühe epidemiologische Erkenntnisse und Tierstudien haben die nachteiligen Auswirkungen der Partikelexposition bei Atemwegsinfektionen gezeigt. Insbesondere können eingeatmete Partikel menschliche Atemwege und Immunfunktionen beeinträchtigen und die Hochregulierung von Angiotensin-Converting Enzyme 2 induzieren, was zu einer höheren Anfälligkeit für COVID-19-Infektionen führt. Darüber hinaus verstärkt die Koproduktion von Entzündungs-mediators durch COVID-19-Infektion und Partikelexposition den Zytokinsturm und verschlimmert die Symptome bei den Patienten.*“²⁴

In dieser chinesischen Studie finden auch die Forscher vom IUK Freiburg Erwähnung in Bezug auf ihre Erkenntnisse bezüglich der Untersuchungen hinsichtlich der Partikelanzahl und Verhalten in 63 deutschen Büros.²⁵

Wenn wir Aerosole und Feinstäube in der Innenraumluft qualifizieren und quantifizieren (Art und Menge messen), um diese dann durch geeignete Maßnahmen zu minimieren, dann minimieren wir nicht nur das Risiko für die Erkrankungen, welche direkt und unmittelbar mit diesen Emissionen einhergehen (z.B. Reizungen der Atemwege, Asthma, COPD, Lungenkrebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bluthochdruck, Schlaganfall, Thrombosen, Verschlechterung der Hirnleistung und Multisystemerkrankungen).

Wir senken auch das Infektionsrisiko und schwere Krankheitsverläufe durch Viren und andere aerogene Krankheitserreger signifikant.

Stellungnahme

Die EU plant Zero Emission Strategie auch für den Innenraum ²¹

Heute könnte sich nun Bahnbrechendes entwickeln, wenn wir den Schutz der Innenraumluft endlich mit der notwendigen Priorität behandeln und entsprechende Maßnahmen ergreifen.

Warum befassen wir uns nur mit Symptomen, nicht aber mit den Ursachen der Probleme?

Wir hätten längst die Spur aufnehmen müssen (können).

Deutsche Aerosolforscher teilen der Bundesregierung in einem offenen Brief mit, dass die „öffentliche Debatte immer noch nicht den wissenschaftlichen Erkenntnisstand abbildet. ... Wenn wir die Pandemie in den Griff bekommen wollen, müssen wir die Menschen sensibilisieren, dass **DRINNEN** die Gefahr lauert. In den Wohnungen, in den Büros, in den Klassenräumen, in Wohnanlagen und in Betreuungseinrichtungen müssen Maßnahmen ergriffen werden.“ ²⁶

Raumluftreiniger und Filter zu installieren sind für die Situation in der Pandemie eine hervorragende Maßnahme der Infektionsvermeidung.

Wir sind der Meinung, dass man für die genannten Innenräume zusätzlich den Fokus auf Vermeidung von Aerosolen legen sollte. Laserdrucker in separaten Räumen aufzustellen, minimiert die Partikelanzahl. Dies nimmt dem Coronavirus einen Transportweg von Mensch zu Mensch.

Unsere Position

Wir brauchen den Schutz der Atemluft in Innenräumen. Dafür braucht es unabhängige Untersuchungen basierend auf dem neuesten Stand der Technik. Weder Versicherungen noch Hersteller dürfen hierauf Einfluss nehmen können. Daraus folgend müssen wissenschaftlich eindeutig fundierte Grenzwerte und Regeln geschaffen werden.

Nur so lässt sich die Problematik der Innenraumluftbelastung durch Emissionen, welche nicht von außen in die Räume eingetragen werden, in den Griff bekommen.

Die Menschen, die bis heute durch die Laserdrucker-Emissionen zu Schaden gekommen sind, müssen eine angemessene medizinische und soziale Versorgung erhalten.

Wir konnten dafür sorgen, dass moderne Tintenstrahldrucker die „verstaubte“ Laserdrucktechnik immer mehr vom Markt verdrängt oder dass Laserdrucker zumindest mit Filtern ausgerüstet wurden. Zu Tausenden werden Laserdruckgeräte bei Behörden und Firmen abgeschafft, z.B. bei der Hamburger Polizei, bei der Justiz Niedersachsen + Bremen, den Finanzbehörden in Bayern + Nordrhein-Westfalen, im Bundespräsidialamt und der Stadt Zürich.

Unsere Kernforderungen

- Luftreinhaltung auf Platz 1 in der Prioritätenliste.
- Schutz vor Feinstaub in der Atemluft – saubere Frischluft durch innovative technische Installationen. Wo & wenn möglich – lüften, lüften, lüften.
- Sicherer drucken mit Tinte statt Toner!
- Toner basierte Druckgeräte niemals ohne effiziente Filter betreiben. Sorgen Sie für saubere Luft in Büros und anderen Innenräumen!
- Laserdrucker und Kopierer verpflichtend in separate Räume stellen mit effizienter Luftreinigung und einem innovativen Abluftsystem!
- Grenzwerte, Richtlinien und Maßnahmen für den Schutz der Luft in Innenräumen zum Schutz der Menschen festlegen.

Kontakt

nano-Control, Internationale Stiftung
Atmen heißt Leben - Schutz der Atemluft im Innenraum
Heike Krüger, Vorstand-Vorsitzende
Zum Hägerdorn 13, D-27318 Hoya
Tel. + 49 (0) 4251 7119
E-Mail: vorstand@nano-control.org
www.nano-control.org, www.krkrank-durch-toner.de

1 RKI

2 Pozzer A, Dominici F, Haines A, Witt C, Münzel T, Lelieveld J Regional and global contributions of air pollution to risk of death from COVID-19. *Cardiovasc Res.* 2020; 116(14):2 247-2253.

3 Podbregar N Corona-Lockdown: Auch die saubere Luft rettet Leben. *Wissenschaft.de* 2020; www.wissenschaft.de/gesundheitsmedizin/corona-lockdown-auch-die-saubere-luft-rettet-leben/

4 Donner S/DDP Feinstaub Dicke Luft im Wohnzimmer *Stern.de* 2006; www.stern.de/panorama/wissen/natur/feinstaub-dicke-luft-im-wohnzimmer-3595300.html

5 Stellungnahme an nano-Control, internationale Stiftung

6 lungenärzte-im-Netz.de Wie sich Coronaviren in der Raumluft ausbreiten 2020

7 Fraunhofer WKI Braunschweig Dr. Michael Wensing und Prof. Dr. Tunga Salthammer, 2008

8 Digital Imaging 6-2013 | 53

9 BMU und BITKOM koordinieren Forschung zu Partikelemissionen aus Laserdruckern und Kopierern www.bmu.de/pressemitteilung/bmu-und-bitkom-koordinieren-forschung-zu-partikelemissionen-aus-laserdruckern-und-kopierern/

10 DaNa – Informationen zur Sicherheit von neuen, innovativen Materialien und Nanomaterialien (BMBF - 03XP0282). nanopartikel.info/

11 nano-Control, internationale Stiftung

12 Prashant K Gopinath K Porter A Pinna A Kłosowski M Demokritou P Chung K Pain C Arvind D Arcucci R Adcock I Dillway C Review An overview of methods of fine and ultrafine particle collection for physicochemical characterisation and toxicity assessments. *Science of The Total Environment* 2021; 756,143553

13 Zou C Yang H Cui L Cao X Huang H Chen T Potential hazardous effects of printing room PM2.5 exposure include promotion of lung inflammation and subsequent. *Mol Med Rep.* 2020; 22(4):3213-3224.

14 Morawska M Cao J Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environment International* 2020; 139,105730

15 He S Han J Electrostatic fine particles emitted from laser printers as potential vectors for airborne transmission of COVID 19. *Environmental Chemistry Letters* 2020; 19,17–24.

16 Lyu L Li Y Ou X Guo W, Yi Zhang Duan S Gao Y Xu Y Yang T Wang Y Health effects of occupational exposure to printer emissions on workers in China: Cardiopulmonary function change. *NanoImpact* 2021; 21,100289.

17 Mohamed Ali NAB , Mac Aogáin M Poh TY Tiew PYY Ho CG Setyawati MI Krishnan SPR Huang X Bello D Christiani DC Demokritou P , Ng KW Chotirmall SH
Assessing the Impact of Workplace Nanoparticle Exposure on the Respiratory Microbiome of Copier Operators https://doi.org/10.1164/ajrccm-conference.2020.201.1_MeetingAbstracts.A3650

18 cfs.charite.de

19 Amerikanische Umweltbehörde EPA
[epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality](https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality)

20 Victorian Trades Hall Council (VTHC), [ohsrep.org.au/office_hazards_photocopiers_printers_etc](https://www.ohsrep.org.au/office_hazards_photocopiers_printers_etc)

21 Europaparlament ec.europa.eu/environment/strategy/zero-pollution-action-plan_en
europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2020-003988-ASW_EN.pdf

22

[bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/umweltinformationen_produkte_dienstleistungen.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/umweltinformationen_produkte_dienstleistungen.pdf)

23 Dai H Han J Lichtfouse E Smarter cures to combat COVID-19 and future pathogens: a review. *Environmental Chemistry Letters* 2021

24 Chen B Jia P Han J Role of indoor aerosols for COVID-19 viral transmission: a review. *Environmental Chemistry Letters* 2020

25 Tang T Gminski R Mersch-Sundermann V Fine and ultrafine particles emitted from laser printers as indoor air contaminants in German. *Environmental Science and Pollution Research* 2012

26 Dr. Christof Asbach Dr. Gerhard Scheuch Dr. Sebastian Schmitt Dr. Birgit Wehner Dr. Andreas Held Offener Brief Ansteckungsgefahren aus Aerosolwissenschaftlicher Perspektive an die Bundesregierung 11.04.2021