

**Drucken  
macht  
krank**

**Krebs aus dem Drucker**  
**Mediziner befürchten Schaden durch Tonerstaub**  
**(3sat, nano, 17.03.2010)**

**Gesundheitsschädigungen durch**  
**Laserdrucker- Anlass zur Vorsorge**  
**(Deutsche Polizei 3/2010)**



**Wenn Laserdrucker krank machen**  
**(NDR Fernsehen, Menschen und Schlagzeilen, 03.11.2010)**

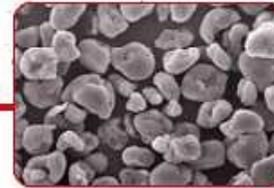
**Kopierer und Drucker - die unterschätzte Gefahr**  
**(hr-Fernsehen, Maintower, 16.03.2010)**

**Giftiger Feinstaub - Laserdrucker macht krank**  
**ZDF, Frontal 21, 02.03.2010**



## ***Krank durch Toner***

Über 2.000 Verdachtsfälle registriert



[www.krank-durch-toner.de](http://www.krank-durch-toner.de)



## ***Atmen heißt Leben***



„Internationale Stiftung nano-control“ – [www.nano-control.de](http://www.nano-control.de)

bis 2008: Interessengemeinschaft der Tonergeschädigten im Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V.

# Verfahren bei der Unfallkasse des Bundes

- 6 Berufskrankheiten-Anzeigen
- 4 Verfahren vor Sozialgerichten
- 2 Verfahren vor Landessozialgerichten
- 4 Petitionen beim Deutschen Bundestag
  - Akten von mehr als 1000 Seiten
- Ausgaben für Messungen >> 50.000 Euro

## Deutung hoher nano-„Partikel“-Zahlen

➤ ITG / nano-control:

**„gefährliche Feinstäube und toxisch wirkende Nanopartikel gelangen ungefiltert über die Luftemission der Laserdrucker in die Atemluft“**

➤ Morawska et al. (2007):

„particle emission [...] close to activities, such as cigarette smoking“

➤ Mersch-Sundermann et al. (2008):

„primär „nicht-substantielle“ Partikel, sondern eher flüchtige Agglomerate, bestehend aus Wassertröpfchen [und] VOC“

➤ Morawska, Salthammer et a. (2009):

„particles are volatile, [...] being formed in the air from VOC“, „emissions are almost entirely composed of SVOCs“

## Problemstellung: Messung und Bewertung von Laserdruckeremissionen

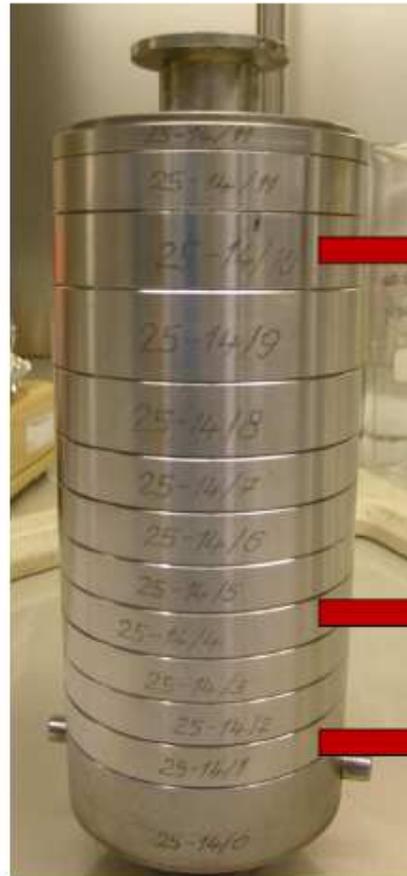
### UK-Bund: Zusammenarbeit mit

- Dipl.-Chem. Martin Wesselmann, selbständiger Gutachter
- Dipl.-Chem. Manfred Santen, Greenpeace
- Dipl.-Chem. Andreas Rehmers, Universitäten Hamburg und Freiburg
- Dr. Ursula Fittschen, Universität Hamburg
- Dr.-Ing. Horst Kleine, Institut für Arbeitsschutz der DGUV, Sankt Augustin
- Wartig Nord GmbH, Hamburg
- ALAB Analyse-Labor in Berlin GmbH
- INA Institut für naturwissenschaftliche Analytik GmbH, Laufen
- Anbus Analytik GmbH, Fürth

# Aerosol-Probenahme: Berliner-Unterdruck-Kaskaden-Impaktor (BLPI)



Probenträger / Wafer



Grobe Partikel:  
2,0 – 16  $\mu\text{m}$

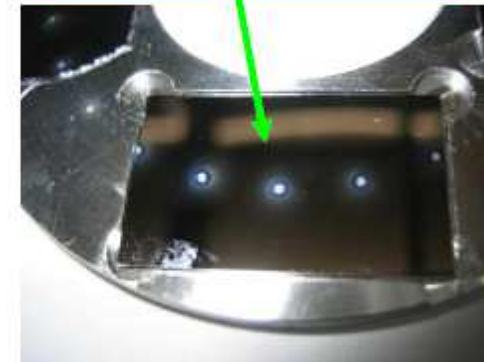
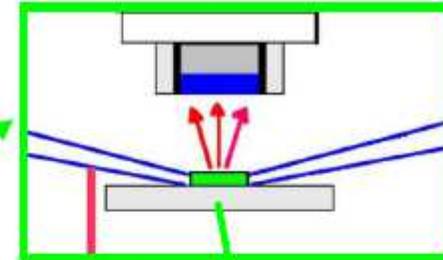
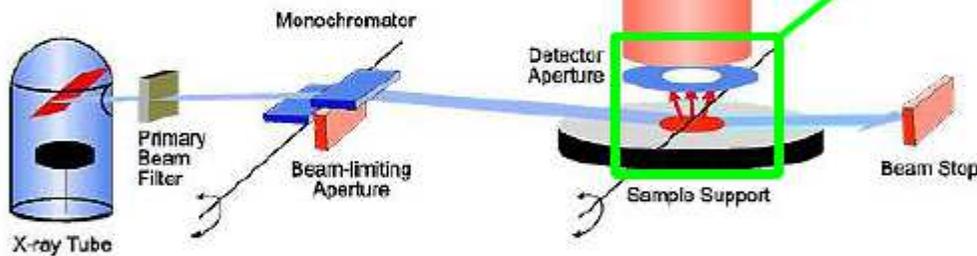
Feine Partikel  
0,13 – 2,0  $\mu\text{m}$

Ultrafeine Partikel:  
0,015 – 0,13  $\mu\text{m}$

# Direktanalyse der Aerosolproben mittels Totalreflektionsröntgenfluoreszenzanalyse (TXRF)



„Picofox S2“ (Bruker)



Probenträger / Wafer

## Vorteile der Methode:

- Direktmethode: Keine Verluste / Kontaminationen durch Aufarbeitung der Probe
- TXRF: Sehr empfindliche Methode

Nachweisgrenzen im unteren Picogramm-Bereich,



bei Bedarf verbessert durch Synchrotronstrahlung (DESY/HASYLAB)

# Probennahmesituation

Großraumbüro Kopierer / Drucker, HP 8150N, älteres Gerät



## VOC-Belastung der Raumluft vor und während der Druckvorgänge

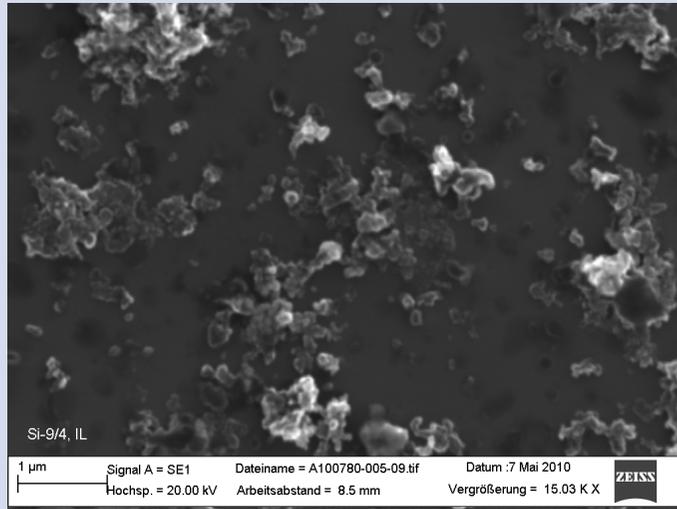
	Büro vor Betriebsbeginn	Während Betrieb, Drucken zw. 500. und 1.000. Blatt
	- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -	- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -
n-Alkane	12	21
Aromaten (Toluol)	9 (5)	30 (15)
Höhere Aldehyde (n-Nonanal)	17 (5)	37 (12)
Siloxane (D3-D5)	12	27
Terpene	6	12
Glykole	6	29
Essigsäure	4	12
<b>TVOC</b>	<b>84</b>	<b>201</b>

## VOC-Befunde der verwendeten Papiersorten (Methode: TDS-GC-MS)

	Standardpapier 1 (80g/m <sup>2</sup> )	Standardpapier 2 (80g/m <sup>2</sup> )
	- µg/kg -	- µg/kg -
n-Alkane	255	487
Aromaten (Toluol)	2740 (2720)	1420 (1400)
Höhere Aldehyde (n-Nonanal)	1420 (661)	326 (72)
Siloxane (D3-D5)	129	67
Terpene	41	36
Glykole	32	47
Essigsäure	11	8
<b>TVOC</b>	<b>4730</b>	<b>2500</b>

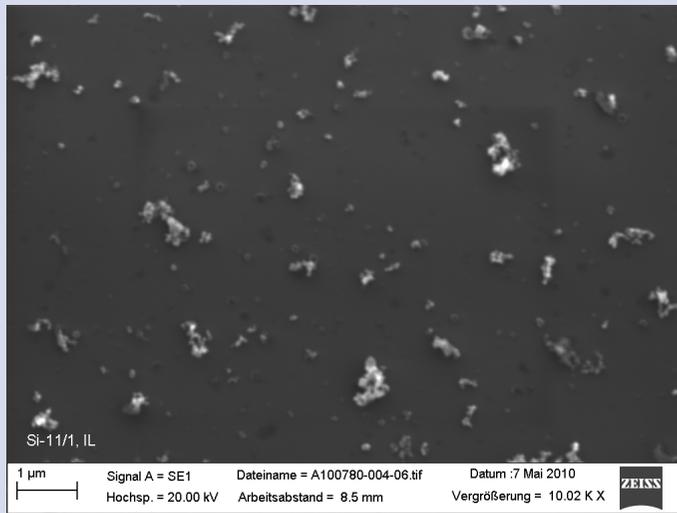
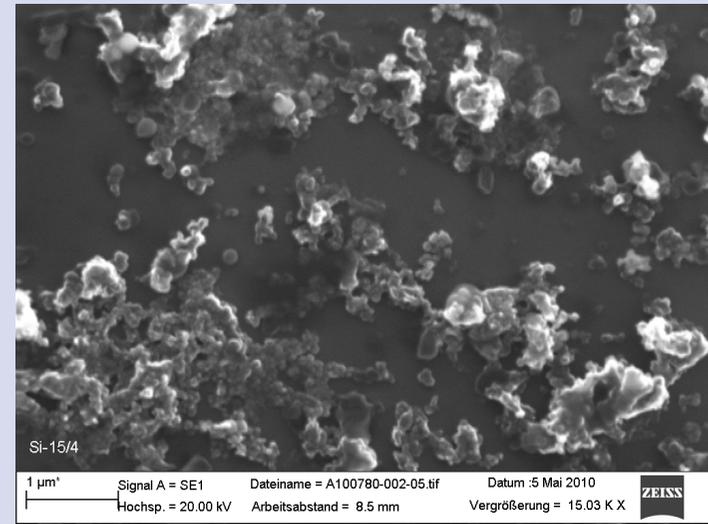
# REM Ergebnisse

ohne Druckvorgang

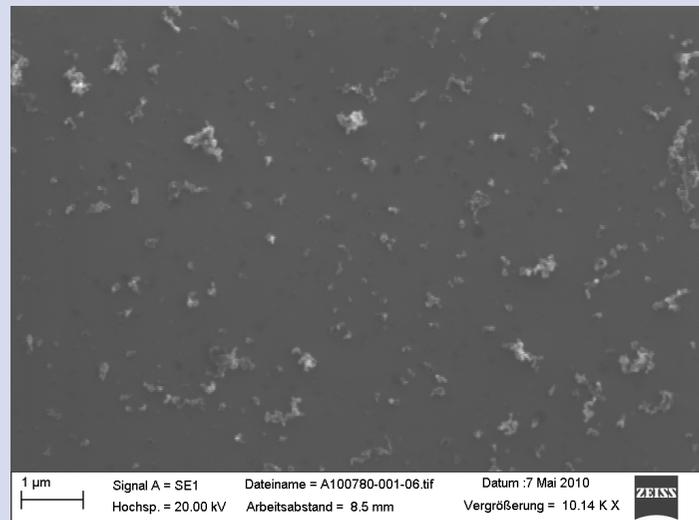


0.13-2 $\mu\text{m}$

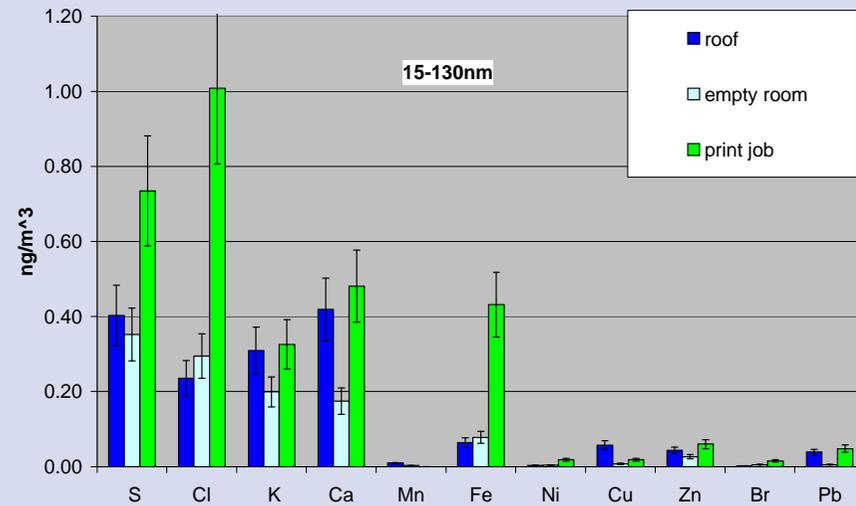
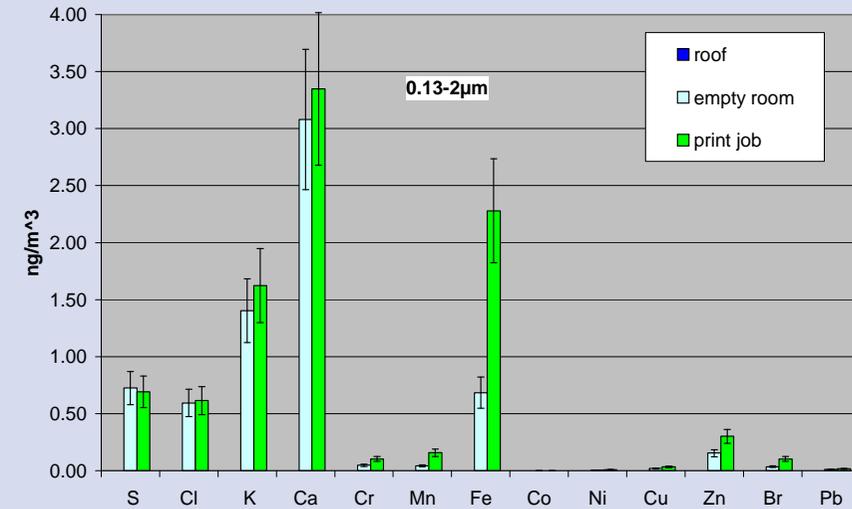
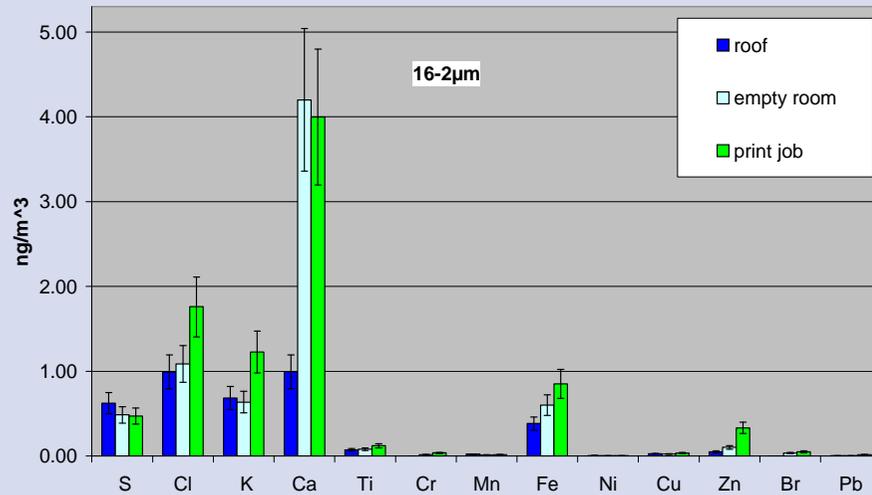
während des Drucks



15-130nm

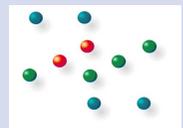


# TXRF - Ergebnisse



**1 ng/m<sup>3</sup> = 0,000.000.001 g / 1000 l**

Dipl.-Chem. Martin Wesselmann, Dr. Ursula Fittschen



## Zusammensetzung der ultrafeinen „Partikel“: Aktuelle Literatur

M. Barthel, V. Pedan, O. Hahn, M. Rothhardt, H. Bresch, O. Jann, S. Seeger,  
*Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, 7819-7825.

- Prüfkammer - Messungen (10 Laserdrucker)
- Ultrafeine Emissionen enthalten  $10^9 - 10^{10}$  feste Partikel pro ca. 250 gedruckten Seiten **(0,2 – 1.9%)**
- Herkunft anorganischer Elemente:
  - Ca, Cl, (Ti) aus Papier (-beschichtung)
  - Fe, Cr, Ni, Ti, Zn, Si, S aus Toner
  - Br aus Gehäuse (Flammschutz)

**Tonerpartikel selbst nicht nachweisbar**



## Zusammensetzung der ultrafeinen „Partikel“: Aktuelle Literatur

P. Castellano, S. Canepari, R. Ferrante, N. L'Episcopo, *J. Environ. Monit.* 2012, **14**, 446-454.

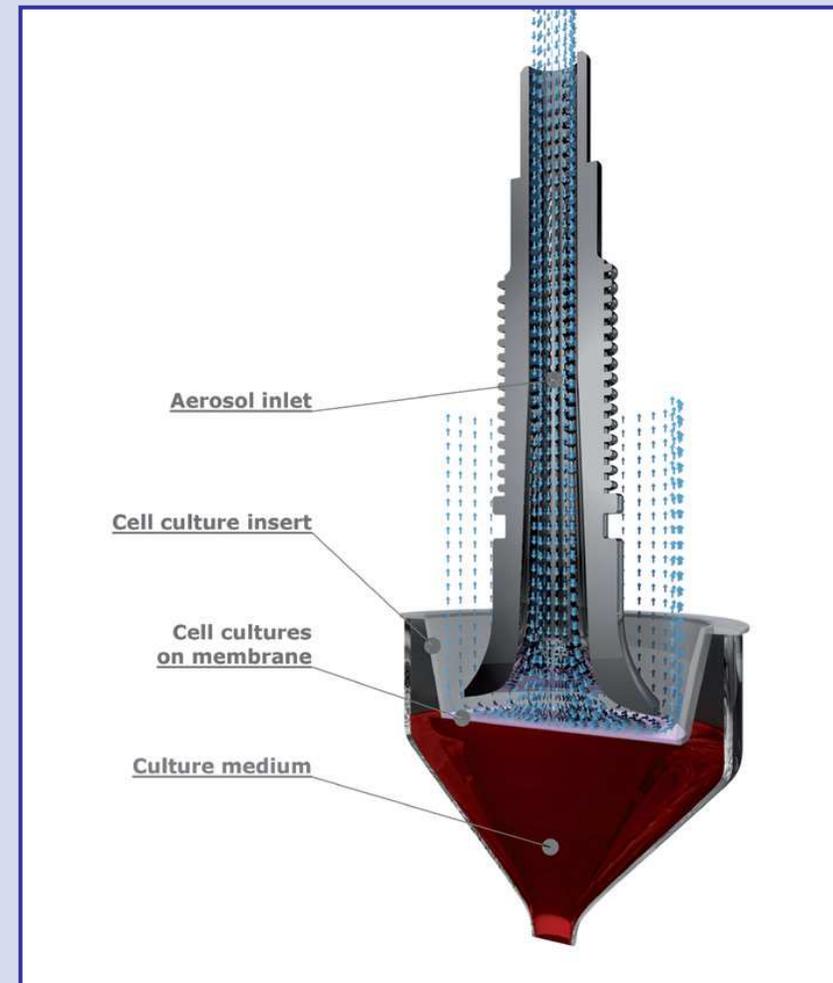
- Prüfkammer - Messung, 1 Laserdrucker
- Druck von je 3500 Seiten
  - leere Seiten gedruckt: **879** µg feine und ultrafeine Emissionen
  - Seiten mit Druckmuster: **1336** µg feine und ultrafeine Emissionen
  - Beitrag des Toners **457** µg
  - entspricht **10** µg / m<sup>3</sup>
  - **weit überwiegend VOC**
- anorganische Elemente in ultrafeinen Emissionen:
  - Na (**7,6** / 3,5 µg), B (**0,3** / 0,1 µg), K (**2,1** / 0,9 µg), Zn (**13,0** / 5,2 µg)



## Medizinische Forschung

T. Tang, R. Gminski, M. Könczöl, C. Modest, B. Armbruster, V. Mersch-Sundermann, *Environ. Mol. Mutagen.* 2012, **53(2)**, 125-135.

- **Laserdrucker-Abluft über Zellkulturen**
- **5 Drucker**
- **2 Drucker bewirkten genetische Schäden (Micronuclei)**
- **3 Drucker: keine Schäden!**
- **Zellkultur: A549 Adenocarcinom = Lungenkrebs!**
- **Zellkultur ⇔ menschliche Atemwege?**
- **Exposition: 1h unverdünnte Emissionen**
- **Auftraggeber: nano-control**



# Medizinische Forschung

M. Khatri, D. Bello, P. Gaines, J. Martin, A.K. Pal, R. Gore, S. Woskie, *Nanotoxicology* 14.06.2012  
(<http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/17435390.2012.691998>)

- Immunologische Parameter / Oxidativer Stress
- Vergleich Probanden: 6h im unbelasteten Raum ↔ 6h im Copyshop
- Messung von 13 Zytokinen in der Nasenschleimhaut
- Messung von 8-Hydroxy-2-deoxy-Guanosin (8-OHdG) im Urin
  - Ergebnisse:
    - Zytokine 2-10fach erhöht
    - 8-OH-dG verdoppelt
    - nach 24h wieder normalisiert
- Fazit Autoren: gesundheitliche Folgen bei gesunden Personen unwahrscheinlich
- chronische Exposition könnte jedoch bedenklich sein
- mehr Forschung nötig

## Medizinische Anwendung?

### Beispiel aus Berufskrankheiten-Fall

„Daraufhin wurden jeweils 2 Sprühstöße des mitgebrachten Tonerstaubes (ca. 0,3 g) in physiologischer Kochsalzlösung (2 ml) bds. nach jeweiligem Aufschütteln der Suspension auf den Kopf der unteren und mittleren Nasenmuschel aufgebracht.“

Dies entspricht bei einer angenommenen Emission von

~ **100 ng/m<sup>3</sup>** Tonerbestandteilen

einer ununterbrochenen Exposition von mehr als

**130 Jahren.**

## Fazit

### ➤ Analytik

- ultrafeine Emissionen bestehen fast ausschließlich aus VOC und SVOC
- Tonerbestandteile maximal 2%
- Nanopartikel ( $\text{SiO}_2$ ) in Emissionen nachweisbar

### ➤ Medizin

- akute Toxizität der Emissionen gering
- Auswirkungen extremer chronischer Expositionen denkbar, aber noch nicht erforscht