

Für Mensch & Umwelt

Umwelt   
Bundesamt

22. – 23. August 2019 Expertenanhörung UFP

# Messungen von UFP im ländlichen Hintergrund und in Innenräumen

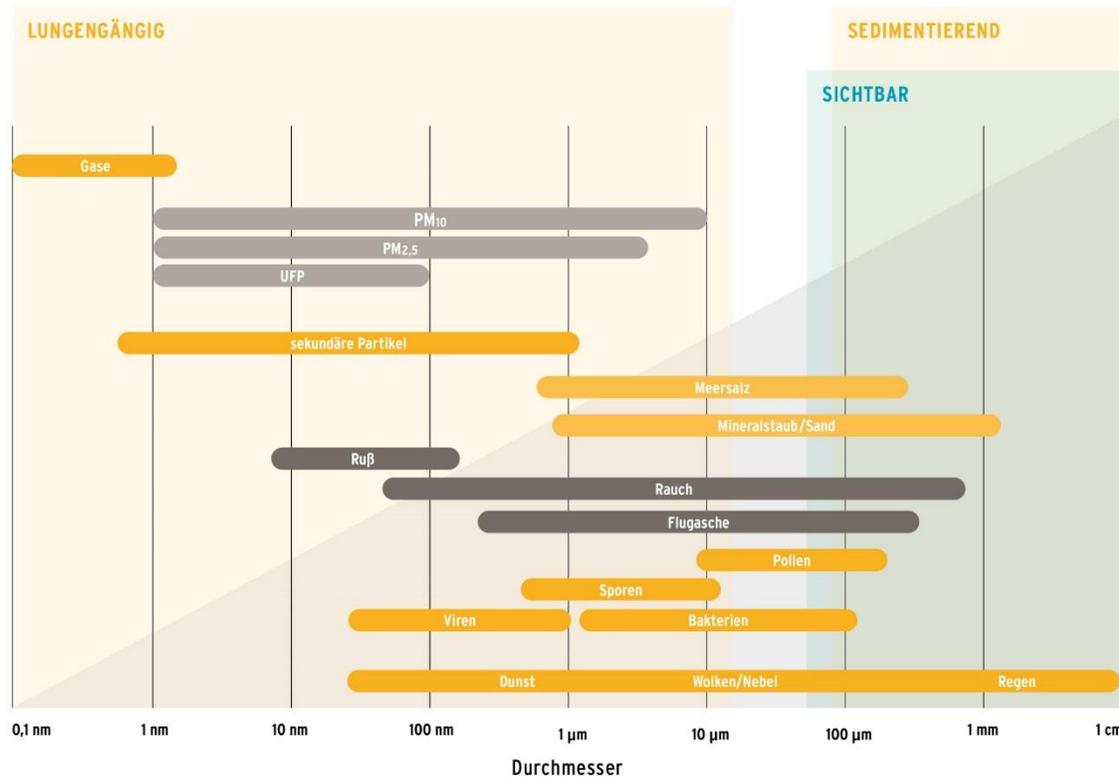
Bryan Hellack, II 4.5 - Luftmessnetz  
Umweltbundesamt  
Paul-Ehrlich-Straße 29

63741 Langen

Email: [bryan.hellack@uba.de](mailto:bryan.hellack@uba.de)

# UFP

## ARTEN UND GRÖSSENBEREICHE VON PARTIKELN UND PARTIKELFRAKTIONEN IN DER LUFT (UFP = ULTRAFEINSTAUBPARTIKEL)



Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/das-luftmessnetz-des-umweltbundesamtes>

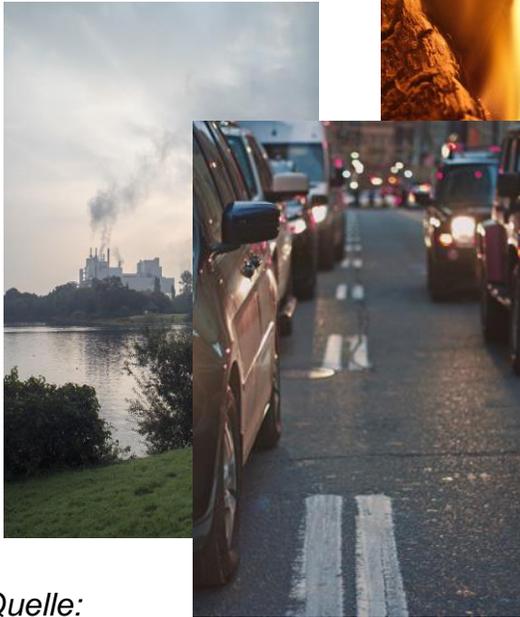
## Technische Erfassung

- Mobilitätsdurchmesser, Zählung
- Partikelanzahlkonzentration
- Anzahlgrößenverteilung
- Hohe Zeit- und Größenauflösung
- Versch. Gerätehersteller

## Gesetzlich geregelt

- **Feinstaub** (PM<sub>10</sub> + PM<sub>2,5</sub>) in der Außenluft, **UFP nicht**
- **UFP** (Partikelanzahl) in der **Emission von Kfz** (Masse zu gering – Anzahl)

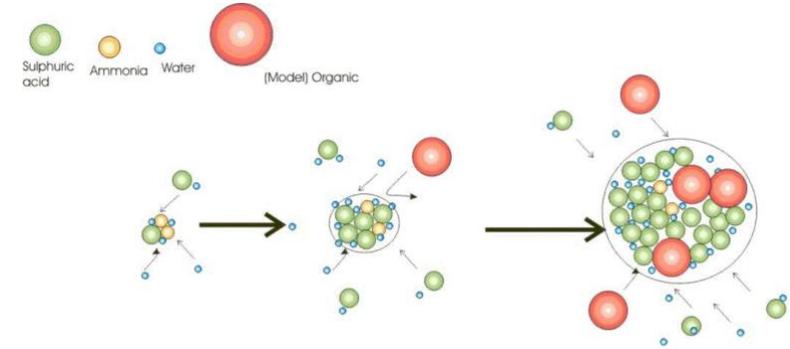
# Quellen



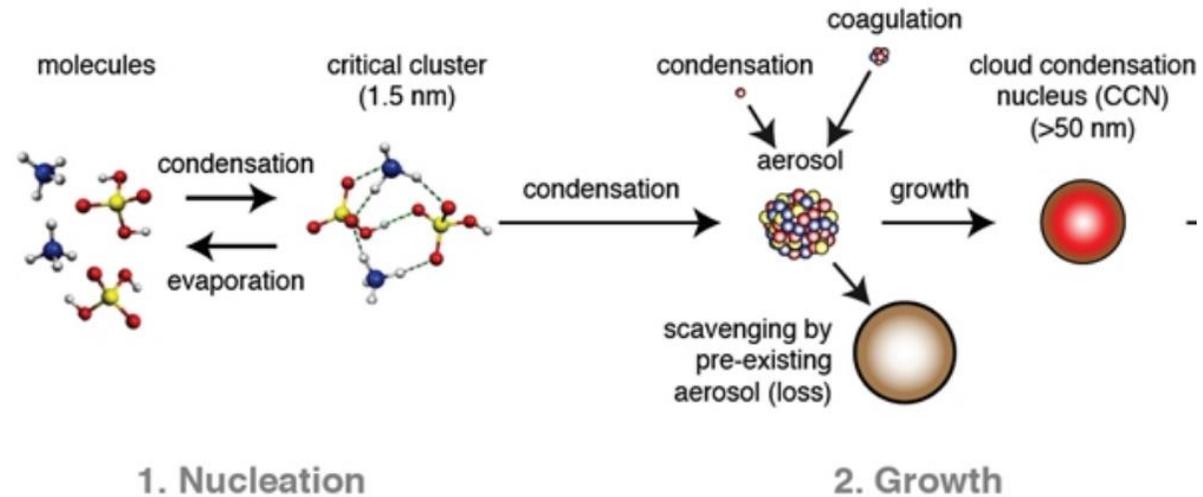
Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de>

Quelle:  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikatione\\_n/sp\\_1-2019\\_web.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikatione_n/sp_1-2019_web.pdf)  
 (Schwerpunktheft - Gesunde Luft)

## Wie der Waldduft zu Partikeln wird...

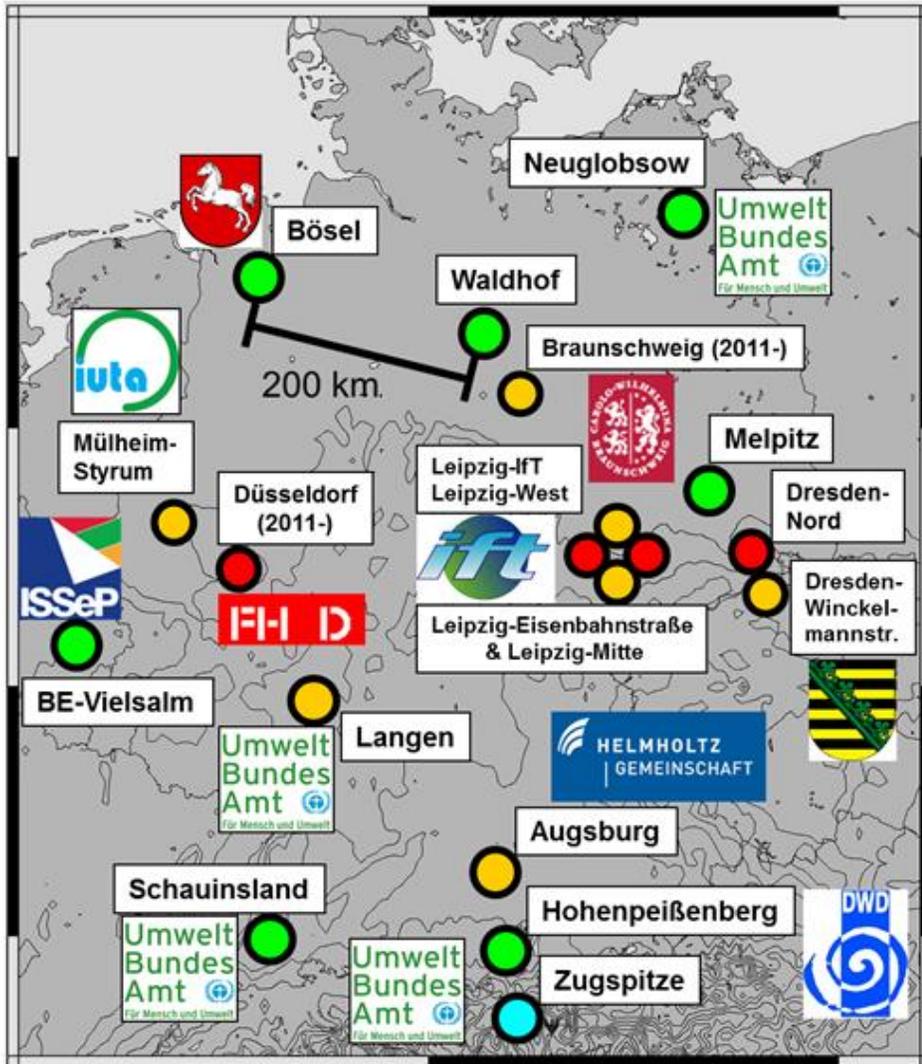


Quelle: <http://klimat.czn.uj.edu.pl>



Quelle: A. Kürten, Habilitationsschrift, Universität Frankfurt am Main

# UFP Messungen in Deutschland



Forschungsnetzwerk **GUAN**  
(German Ultrafine Aerosol Network)

seit **2008** Messung von Partikelanzahlverteilungen an  
> 10 Stationen in Deutschland

Long-term observations of tropospheric particle number  
size distributions and equivalent black carbon mass  
concentrations in the German Ultrafine Aerosol Network  
(GUAN)

Wolfram Birmili<sup>1,a</sup>, Kay Weinhold<sup>1</sup>, Fabian Rasch<sup>1</sup>, André Sonntag<sup>1</sup>, Jia Sun<sup>1</sup>, Maik Merkel<sup>1</sup>, Alfred Wiedensohler<sup>1</sup>, Susanne Bastian<sup>2</sup>, Alexander Schladitz<sup>2,b</sup>, Gunter Löschau<sup>2</sup>, Josef Cyrus<sup>3,4</sup>, Mike Pitz<sup>3,c</sup>, Jianwei Gu<sup>3,4</sup>, Thomas Kusch<sup>3,4</sup>, Harald Flentje<sup>5</sup>, Ulrich Quass<sup>6</sup>, Heinz Kaminski<sup>6</sup>, Thomas A. J. Kuhlbusch<sup>6,d</sup>, Frank Meinhardt<sup>7</sup>, Andreas Schwerin<sup>7</sup>, Olaf Bath<sup>7</sup>, Ludwig Ries<sup>7</sup>, Holger Gerwig<sup>7</sup>, Klaus Wirtz<sup>7</sup>, and Markus Fiebig<sup>8</sup>

*Birmili et al. 2016*

# Luftmessnetz des UBA

## DIE STANDORTE DES UBA-LUFTMESSNETZES

Die Standorte des UBA-Luftmessnetzes sowie die Messstationen seiner Kooperationspartner sind über ganz Deutschland verteilt.

- A** Messstation Melpitz des Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung (IfT): Kooperation bei EMEP (Level 3)
- B** Untersuchungsgebiet Forellenbach der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald: Kooperation beim ICP Integrated Monitoring
- C** Observatorium Hohenpeißenberg des Deutschen Wetterdienstes (DWD): Kooperation bei GAW-Globalstation

-  UBA-Messnetzzentrale
-  UBA-Messstation
-  Messstation eines Kooperationspartners



## UBA Luftmessnetz

Sieben (plus Zentrale) Stationen im Hintergrund möglichst fernab von Emissionsquellen

## Messprogramme zur Luftqualität

- EU-Gesetzgebung (Direktive 2008/50/EC, Ergänzungen: Directive 2015/1480/EC, Commission Implementing Decision 2011/850/EU)
- European Monitoring and Evaluation Programme (**EMEP**) Kontrollinstrument der genfer Luftreinhaltekonvention
- Global Atmosphere Watch (**GAW**)
- Übereinkommens zum Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks (**OSPAR**)
- Helsinki Kommission (**HELCOM**) Schutz der Ostsee

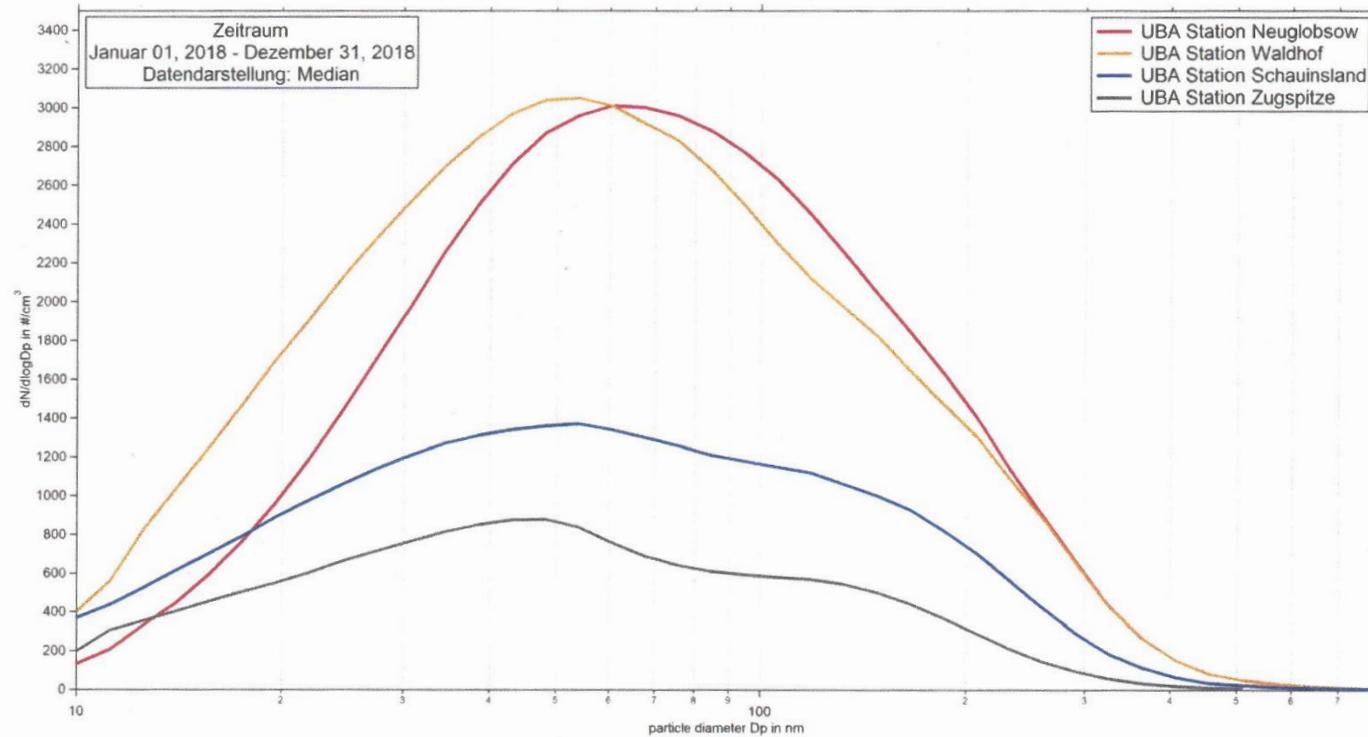
## Ultrafeine Partikel

Waldhof, Neuglobsow, Langen, Schauinsland, Zugspitze

Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/das-luftmessnetz-des-umweltbundesamtes>

# UFP an den UBA Stationen (2018)

## Überblick: Größenverteilung und Zeitreihe



Partikelgrößenverteilung der vier UBA-Stationen über den Messzeitraum vom 01.01.2018 bis 31.12.2019; Quelle: UBA Jahresbericht 2018: TROPOS MPSS & CPC Workshop, Datenaufbereitung und Auswertung



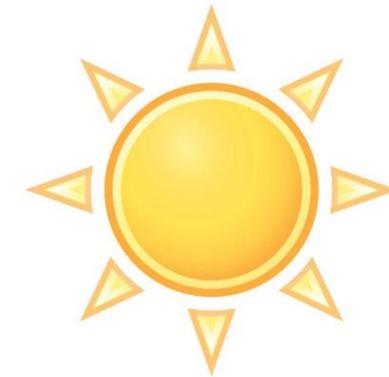
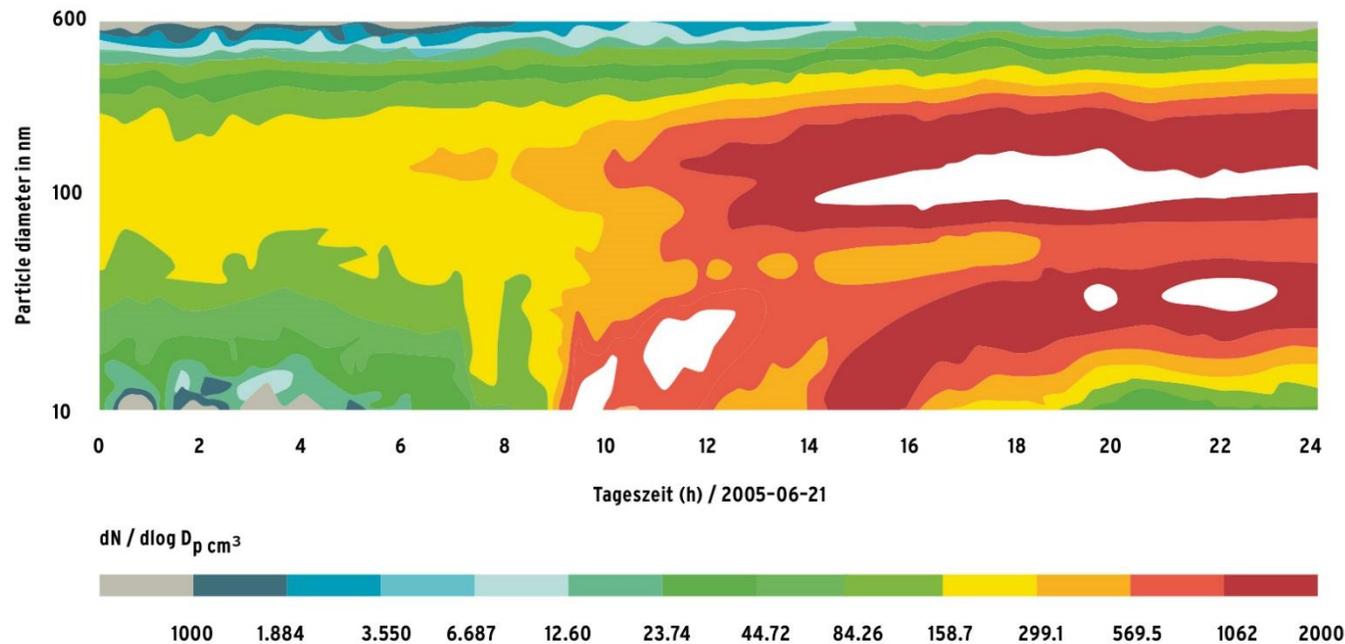
Fotos: Casper, Eggert, Fischer, Ries; Umweltbundesamt

# Photochemische Neubildung

## Partikelanzahlgrößenverteilung – Beispiel UBA Hintergrundstation Zugspitze

### WACHSTUM VON ULTRAFEINSTAUBPARTIKELN

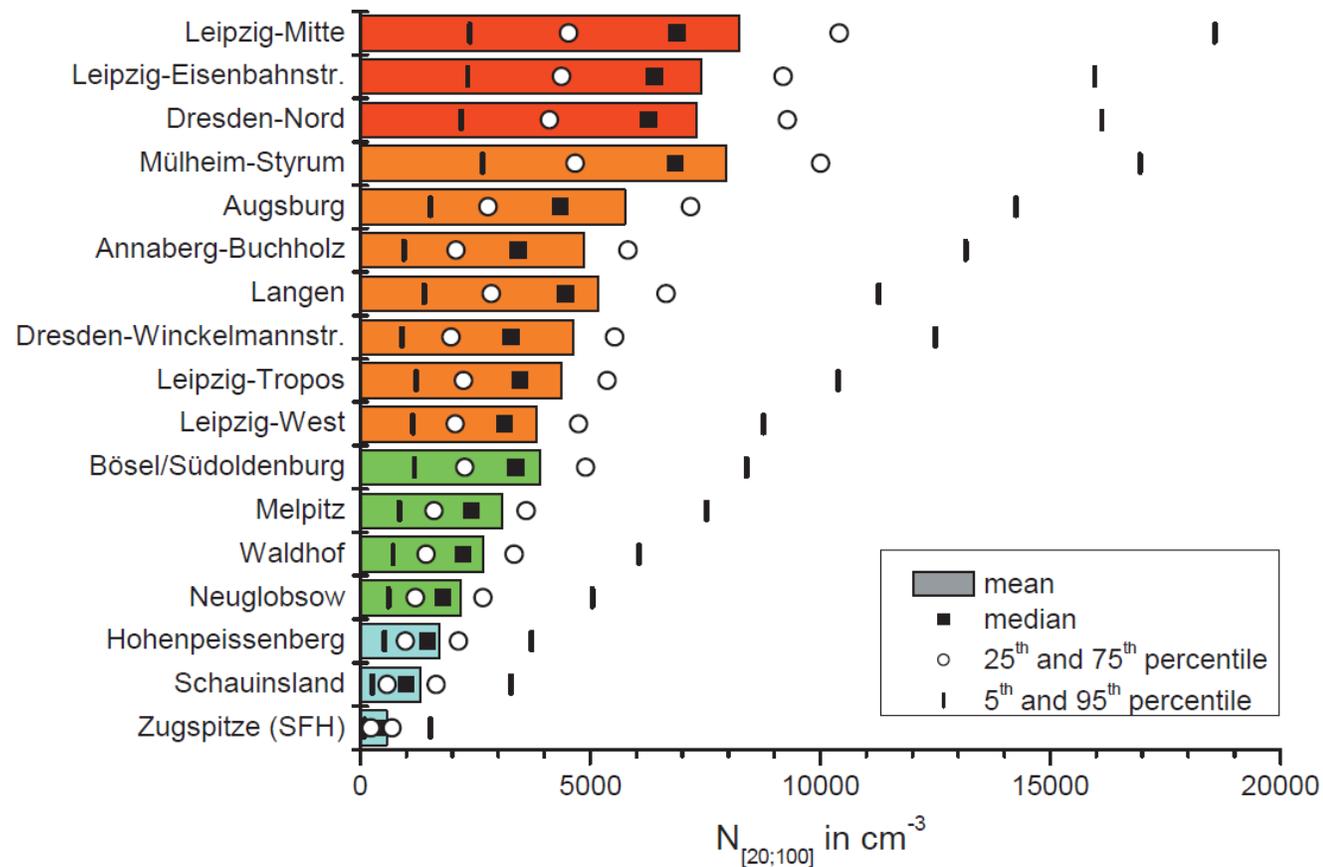
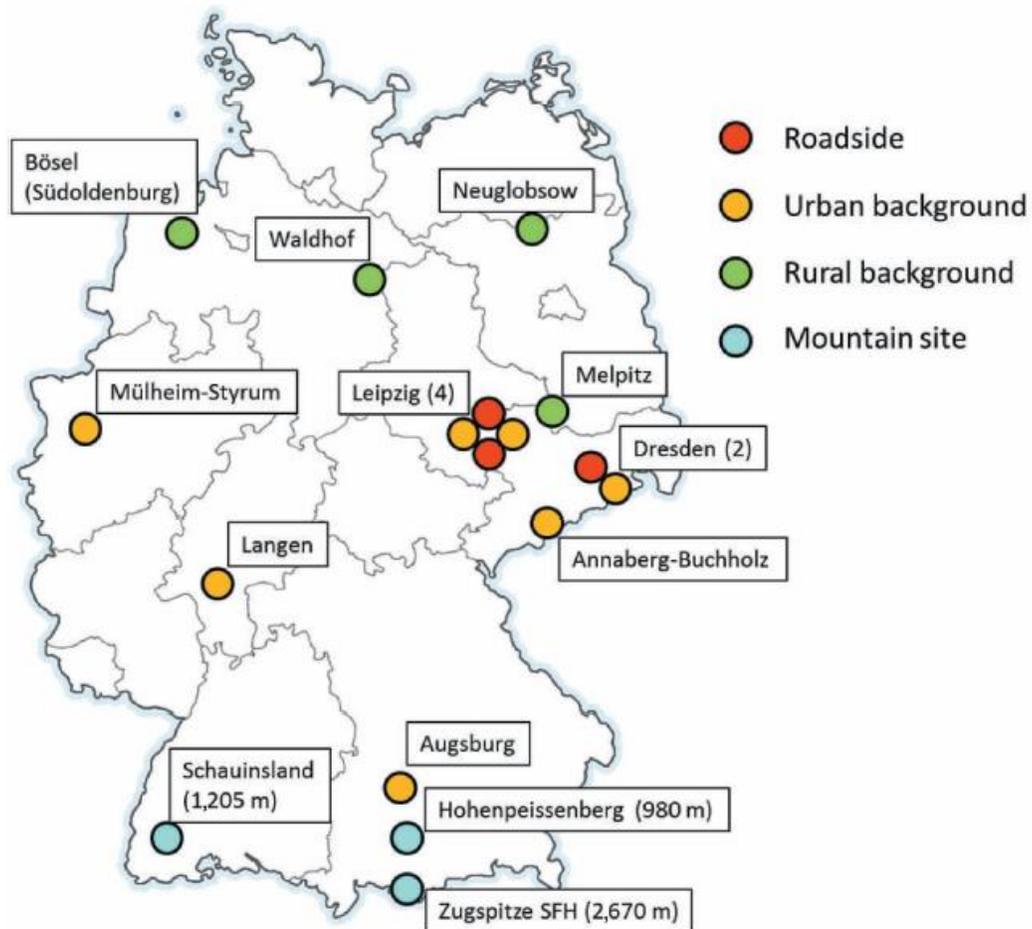
ZUGSPITZE, 21. JUNI 2005



z.B.  $\text{SO}_2 + \text{OH}^\circ \rightarrow$  Schwefelsäure  
und organische Verbindungen  
(anthropogen/natürlich)

Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/das-luftmessnetz-des-umweltbundesamtes>

# UFP in Deutschland (2009 – 2014)



Birmili et al. (2015) Atmospheric aerosol measurements in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN) - Part III: Black Carbon mass and particle number concentrations 2009-2014, *Gefahrst. Reinh. Luft*, 75(11/12), 479-488, 2015.

# Trend in Deutschland (2009 – 2014)

Table 3. Temporal trends in atmospheric pollutant concentrations at the GUAN sites, as determined through the Sen-Theil trend analysis. Bold face indicates trends significantly different from zero on the 95% confidence level.

No.	Site name	Trend analysis period	eBC, relative annual change in %	$N_{[20;800]}$ , relative annual change in %	$N_{[20;100]}$ , relative annual change in %	$N_{[100;800]}$ , relative annual change in %	PM <sub>10</sub> , relative annual change in %	NO <sub>2</sub> , relative annual change in %
2	Augsburg	2009 to 2013	<b>-4.1</b>	<b>-8.2</b>	<b>-9.7</b>	<b>-3.6</b>	not evaluated	not measured
3	Bösel/Südoldenburg	2009 to 2014	<b>-4.4</b>	<b>-5.2</b>	<b>-4.8</b>	<b>-5.4</b>	<b>+3.2</b>	<b>+3.4</b>
4	Dresden-Nord	2009 to 2014	<b>-9.0</b>	<b>-3.3</b>	<b>-3.1</b>	<b>-3.5</b>	<b>-5.2</b>	<b>-4.2</b>
6	Hohenpeißenberg	2009 to 2014	<b>-6.7</b>	<b>-0.8</b>	<b>-1.0</b>	<b>-0.7</b>	<b>-8.2</b>	<b>-1.0</b>
8	Leipzig-Eisenbahnstraße	2009 to 2014	<b>-4.0</b>	<b>-3.6</b>	<b>-3.7</b>	<b>-3.8</b>	not measured	not measured
9	Leipzig-Mitte	2009 to 2014	<b>-5.7</b>	<b>-6.7</b>	<b>-6.4</b>	<b>-7.2</b>	<b>-3.5</b>	<b>-1.6</b>
10	Leipzig-Tropos	2009 to 2014	<b>-5.6</b>	<b>-4.9</b>	<b>-5.6</b>	<b>-2.8</b>	not measured	-0.3
11	Leipzig-West	2009 to 2014	<b>-5.6</b>	<b>-5.1</b>	<b>-5.8</b>	<b>-2.3</b>	<b>-5.0</b>	<b>-5.2</b>
12	Melpitz	2009 to 2014	<b>-4.2</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.2</b>	<b>-1.2</b>	<b>+2.3</b>	<b>+0.0</b>
13	Mülheim-Styrum	2009 to 2014	not measured	<b>-1.3</b>	<b>-1.3</b>	<b>-0.7</b>	<b>-1.8</b>	<b>-3.7</b>
15	Schauinsland	2009 to 2014	<b>-11.5</b>	<b>-4.0</b>	<b>-3.6</b>	<b>-4.7</b>	<b>-5.4</b>	<b>+5.5</b>
16	Waldhof	2009 to 2014	<b>+0.4</b>	<b>-4.1</b>	<b>-4.0</b>	<b>-3.9</b>	<b>-2.4</b>	<b>-2.4</b>
17	Zugspitze (Schneefernerhaus)	2009 to 2014	<b>-6.3</b>	not evaluated	not evaluated	not evaluated	<b>-5.0</b>	not evaluated

# Zusammenfassung

## Außenluft im Hintergrund

- Photochemische Entstehung (Tages- und Jahresgang) von UFP → natürlicher Hintergrund
- Verbrennungsprozesse
- 800 – 3000 P pro Kubikzentimeter ( $1/\text{cm}^3$ ) im Größenbereich 20 - 100 Nanometer im Jahresmittel
- PNC geht leicht zurück (2009-2014)

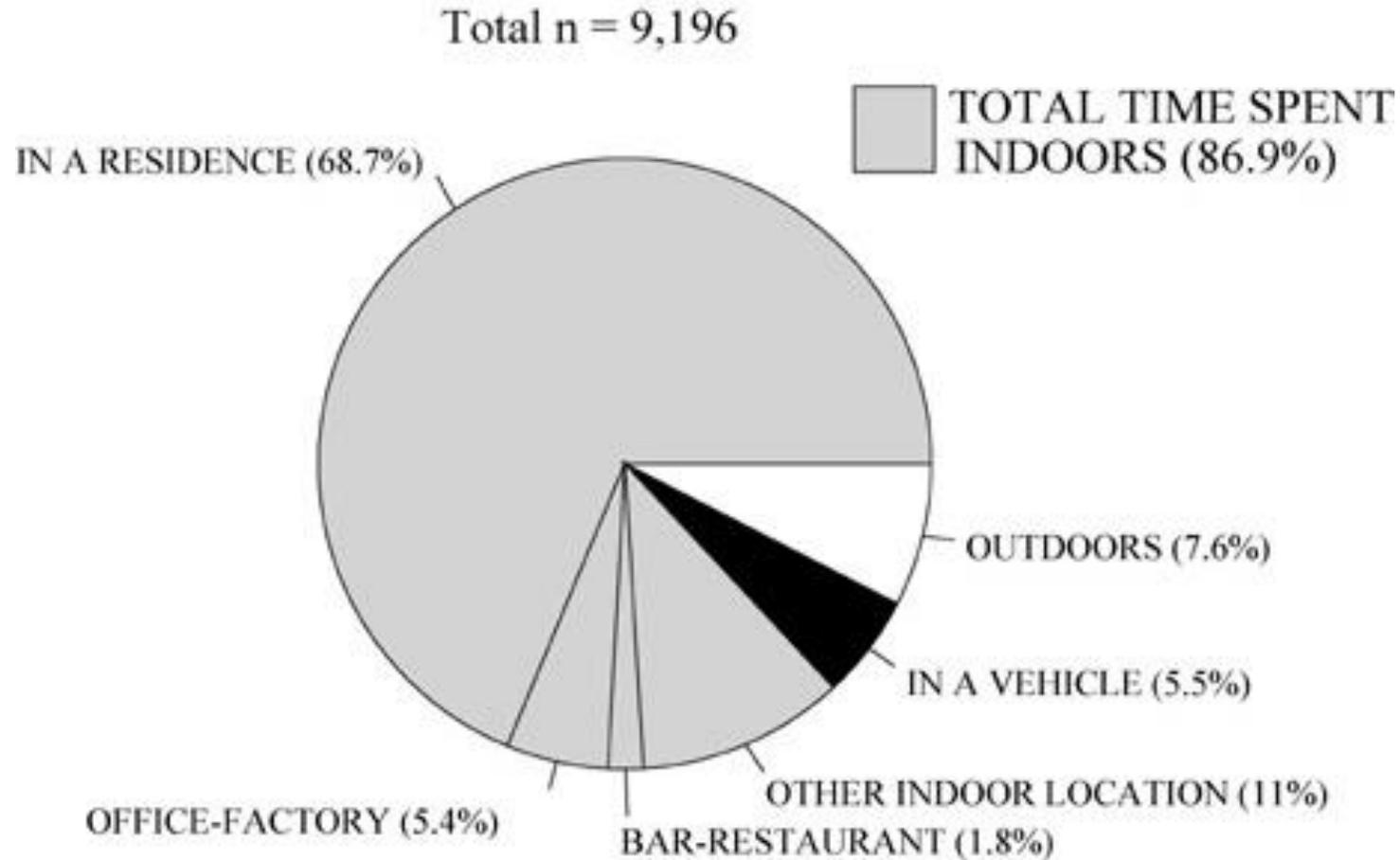
# Innenraum / Aktivitätsprofil

Schlafen

Fernsehen

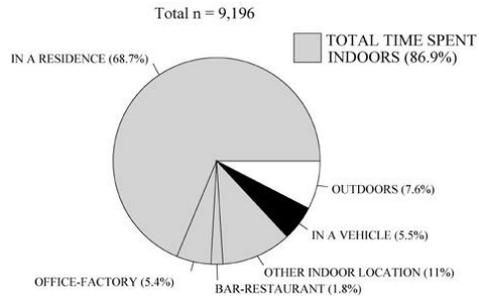
Arbeiten

Kochen

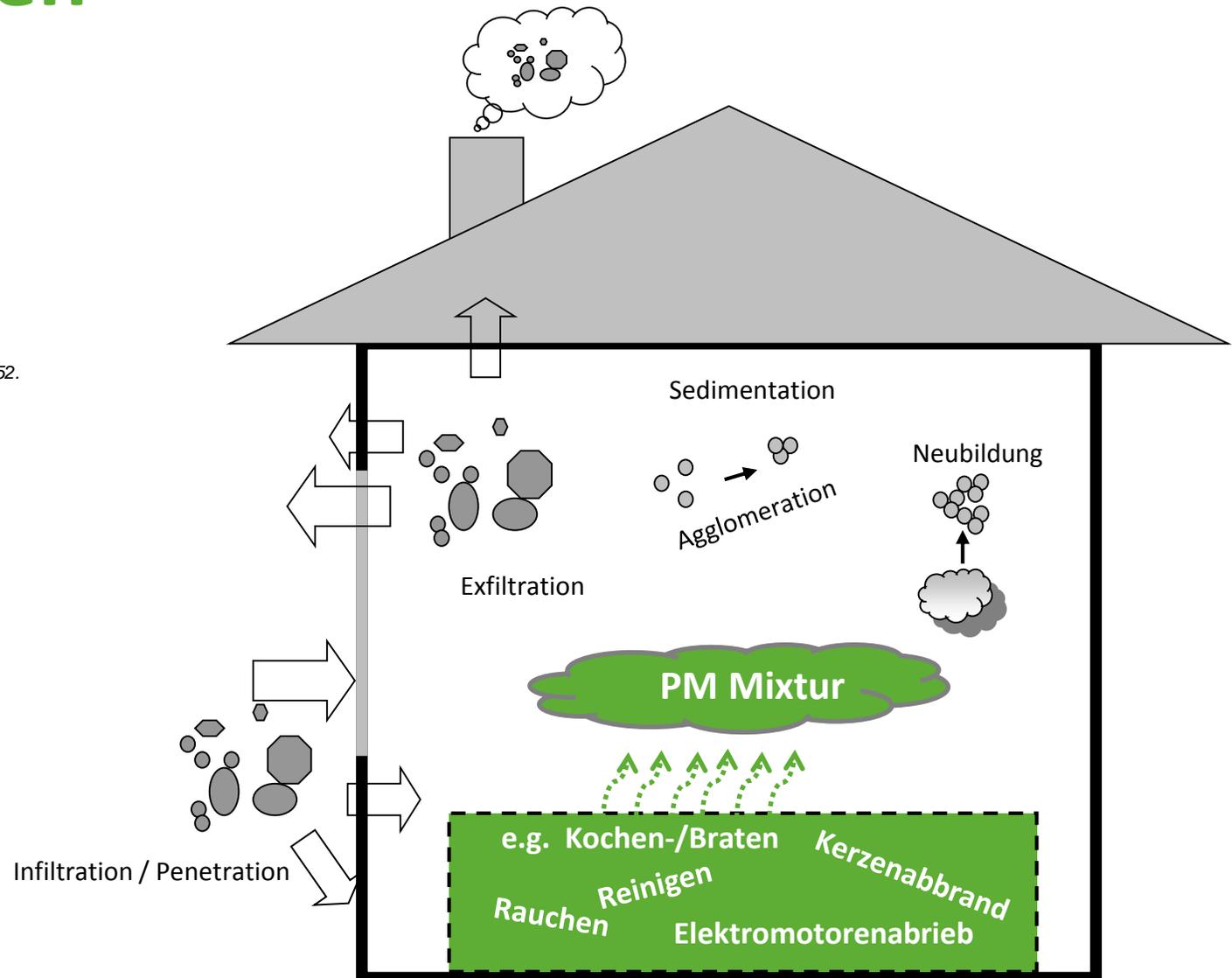
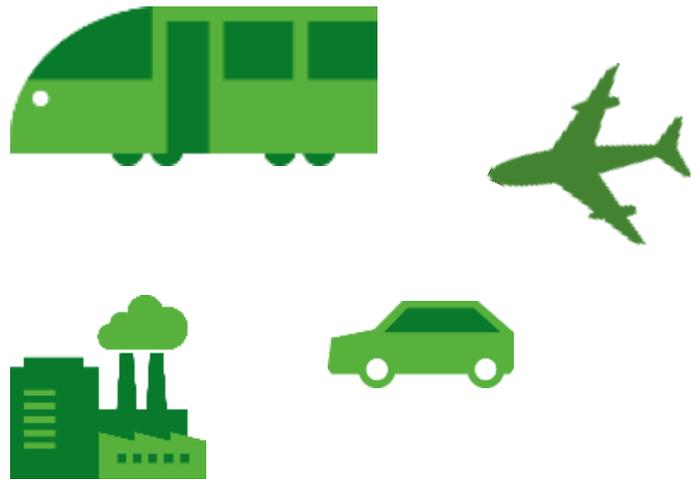


*Klepeis et al., Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology (2001) 11, 231–252.*

# Luft in Innenräumen



Klepeis et al., *Jour. Exp. Anal. Environ. Epidem.* (2001) 11, 231–252.



nach Thatcher & Layton *Atmospheric Environment* Vol. 29, No. 13, pp. 1487-1497, 1995 (leicht verändert)

# Relevante Quellen?

## Projekt: Effekte von Partikeln aus Innenraum-Aktivitäten (EPIA)



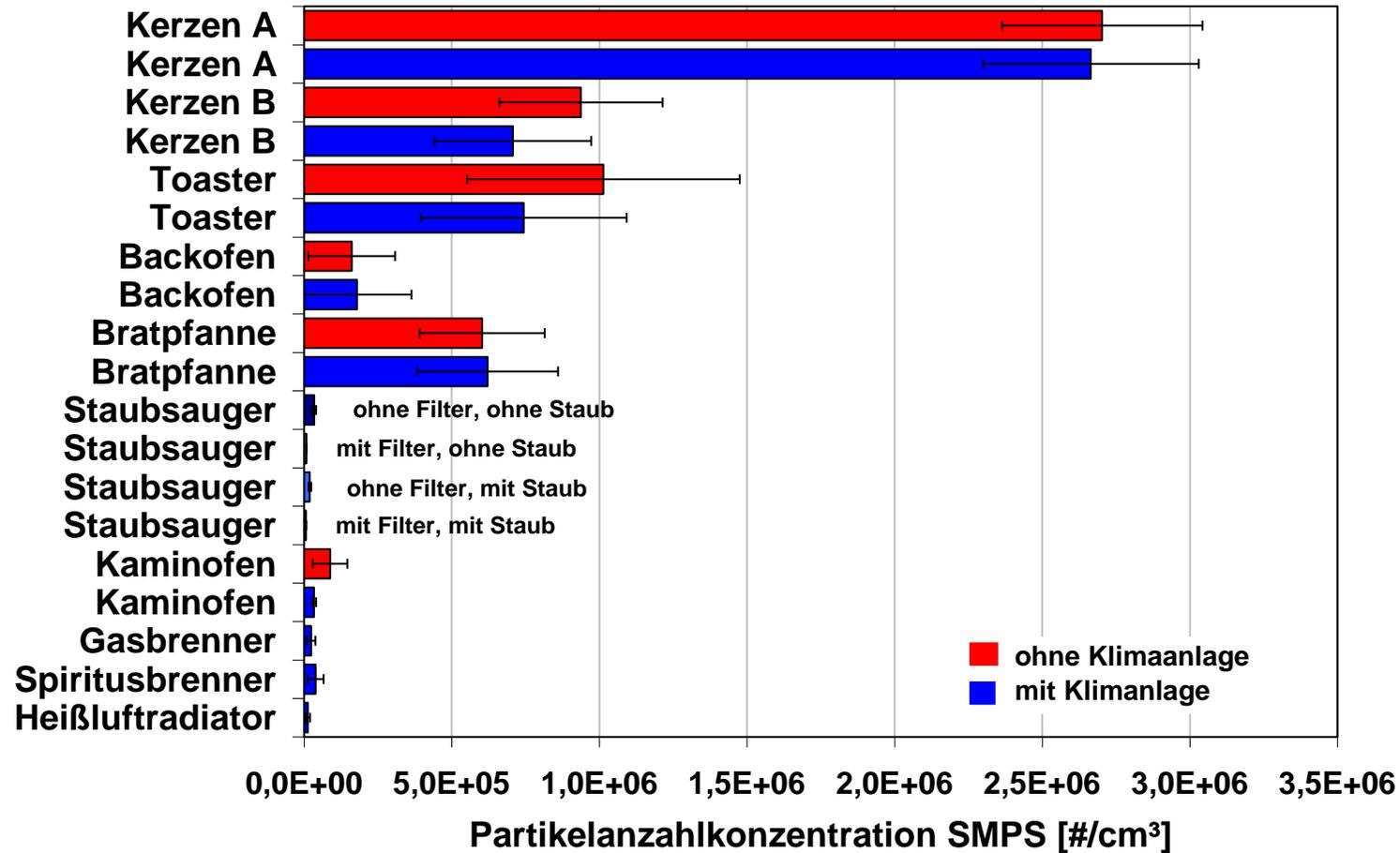
### Ablauf:

- Messung ohne Belastung (Hintergrund)
- Starten der Quelle
- Messung bis keine Veränderung mehr (~30 Min.)

Fotos: Quass, Hellack, IUTA

# Relevante Quellen?

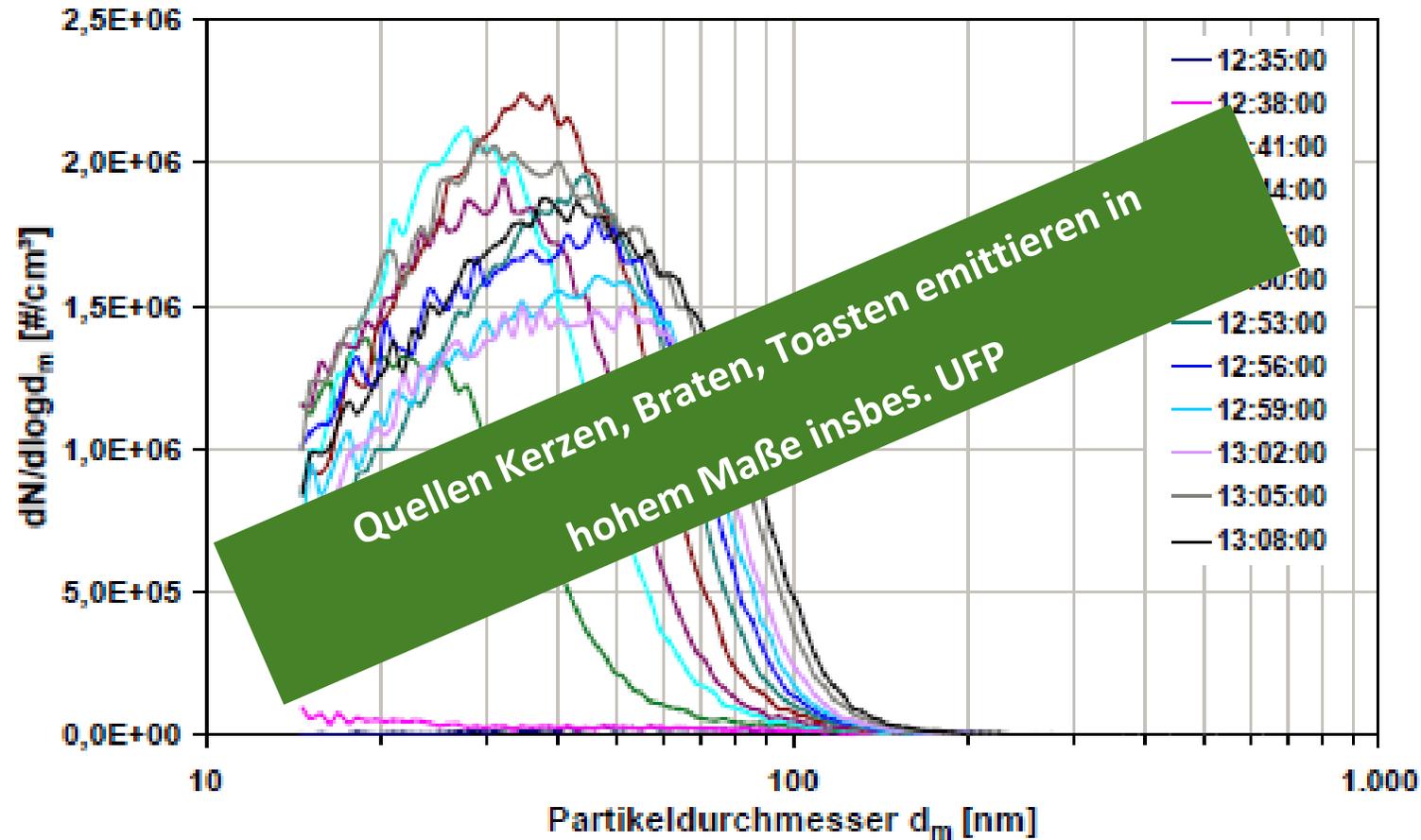
Übersicht Aller untersuchten Quellen; (30 Min Betrieb nach 10 min. Anfangsphase)



Hellack et al. 2015: Effekte von Partikeln aus Innenraum-Aktivitäten (EPIA). UBA-FB Umweltforschungsplan des BMU; 2134

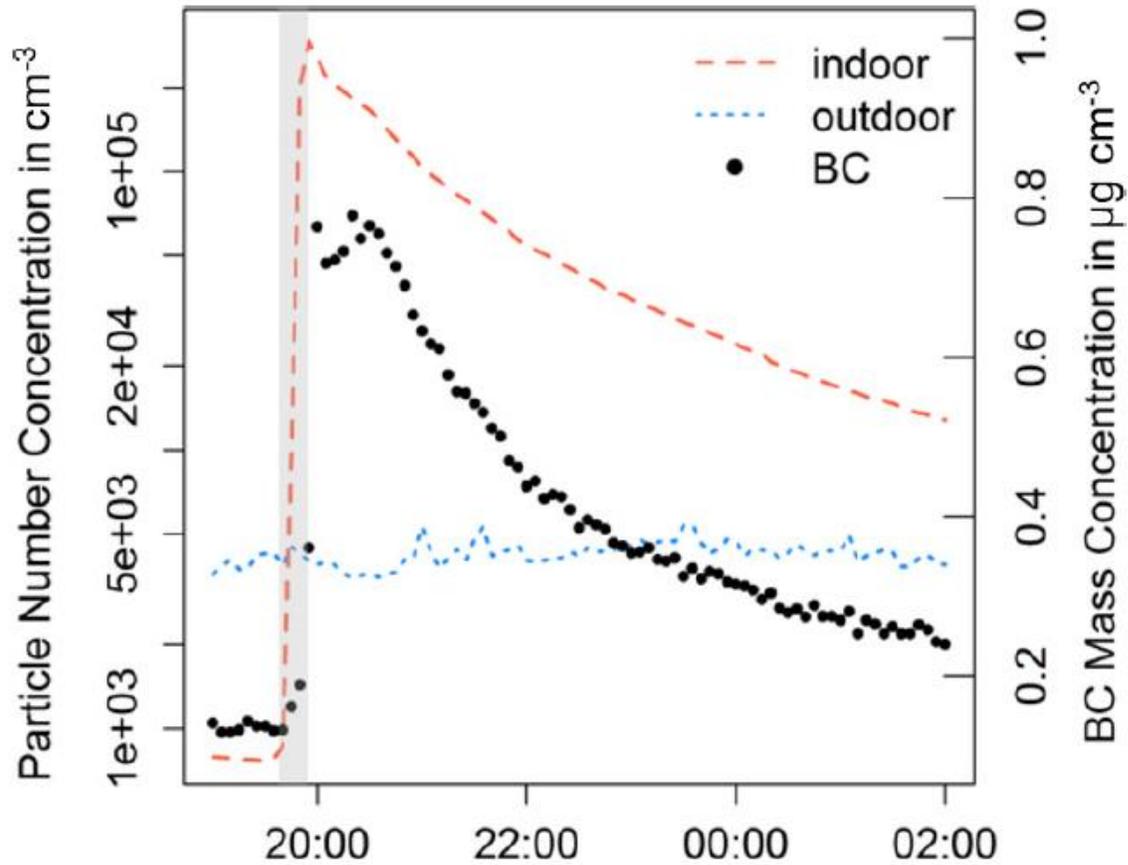
# Relevante Quellen?

Beispiel: Toasten (mittlere Größenverteilung 1. Messzyklus)



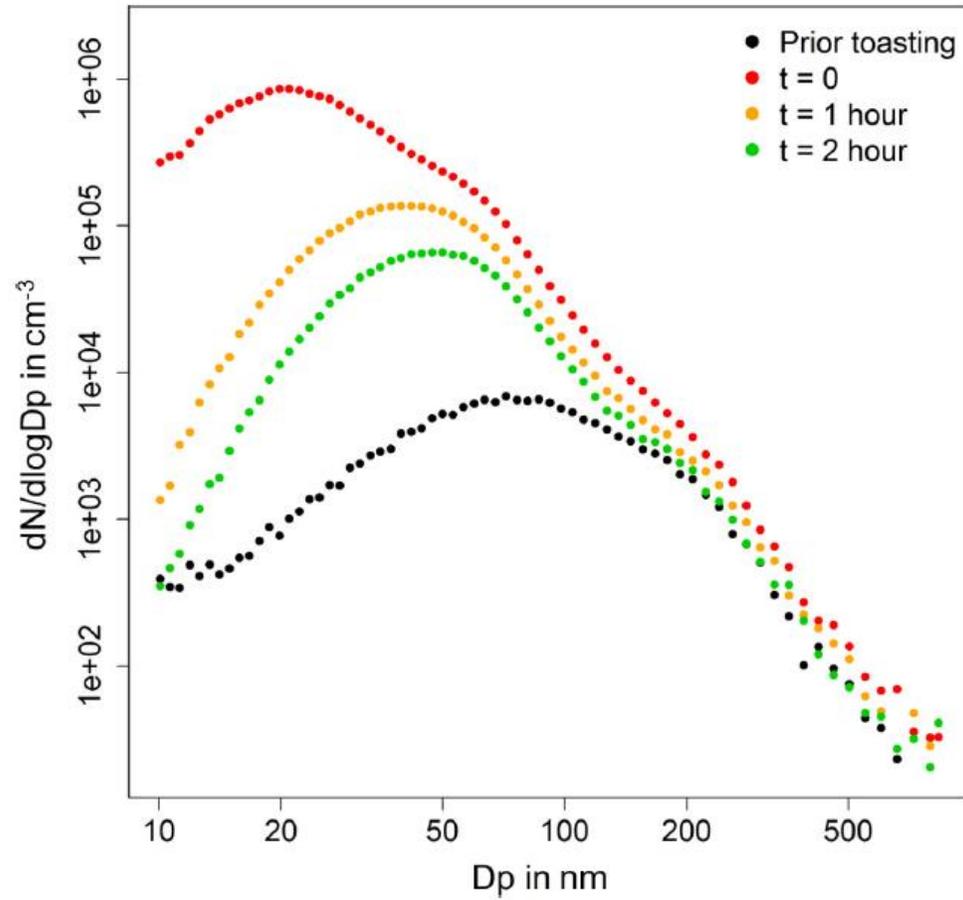
Hellack et al. 2015: Effekte von Partikeln aus Innenraum-Aktivitäten (EPIA). UBA-FB Umweltforschungsplan des BMU; 2134

# Wohnraummessungen



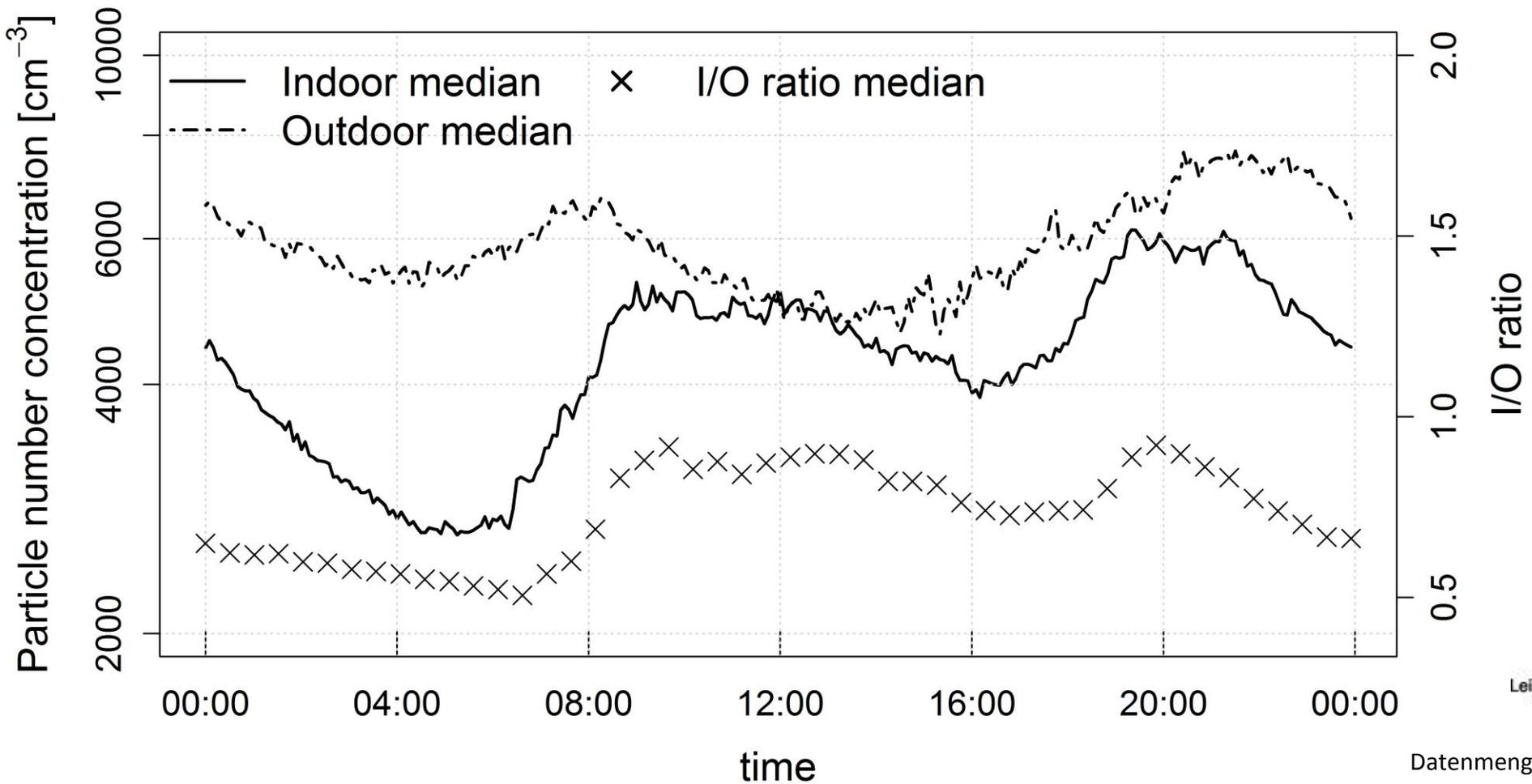
UFOPLAN FKZ 3715 61 200: Ultrafeine Partikel im Innenraum und in Umgebungsluft (Messungen TROPOS)

# Wohnraummessungen



UFOPLAN FKZ 3715 61 200: Ultrafeine Partikel im Innenraum und in Umgebungsluft (Messungen TROPOS)

# Wohnraummessungen



Leibniz-Institut für  
Troposphärenforschung

Datenmenge: ca. 200 Tage

UFOPLAN FKZ 3715 61 200: Ultrafeine Partikel im Innenraum und in Umgebungsluft (Messungen TROPOS)

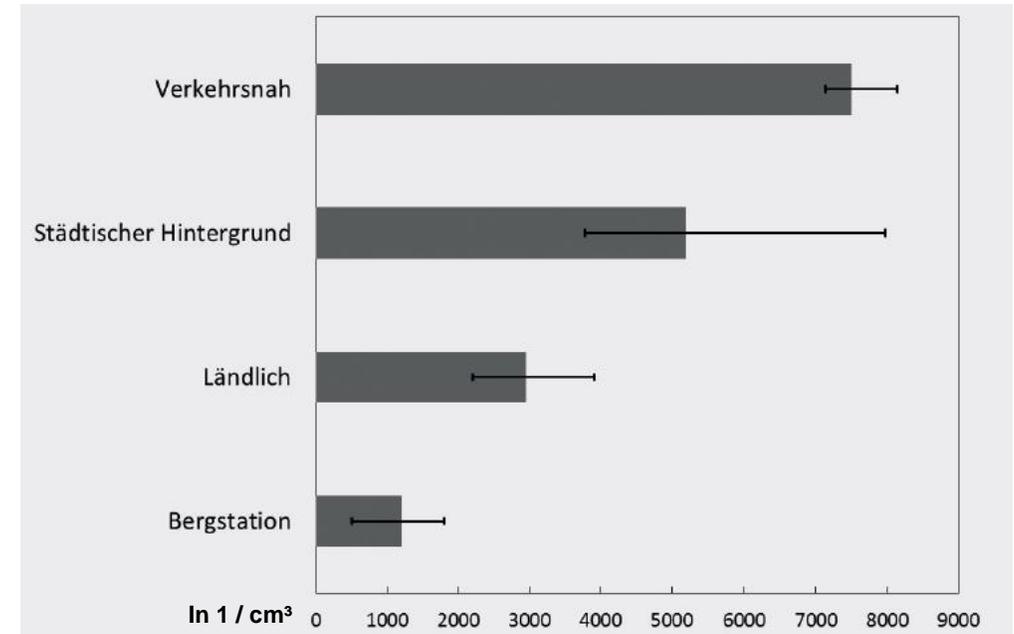
# Zusammenfassung

## Innenraumluft

- Viele mögliche Quellen (Kerze, Kamin, Zigarette, Kochen etc.)
- Hoch variabel (Peaks durchaus 100 tsd. P/cm<sup>3</sup>)
- Größenbereich 20 - 100 Nanometer
- Exposition im Innenraum nicht zu vernachlässigen (etwa 30-60 % der UFP Exposition am Tag durch Innenraum)

**Chemismus ist für Außen- und Innenraumluft von hoher Bedeutung und quellspezifisch**

## Außenluft



[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/publikationen/uba\\_birmili.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/publikationen/uba_birmili.pdf)

- **1000 – 3000 P pro Kubikzentimeter (1/cm<sup>3</sup>)** im Größenbereich 20 - 100 Nanometer im Jahresmittel (Hintergrund / ländlich)
- Photochemische Entstehung 
- unvollst. Verbrennung   

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Bryan Hellack**

Fachgebiet II 4.5- Luftmessnetz

Paul-Ehrlich-Str. 29

63225 Langen

Tel: +49 (0)340 2103-6165

[bryan.hellack@uba.de](mailto:bryan.hellack@uba.de)

# Exposition



Contribution of indoor-generated particles to residential exposure

C. Isaxon <sup>a,\*</sup>, A. Gudmundsson <sup>a</sup>, E.Z. Nordin <sup>a</sup>, L. Lönnblad <sup>b</sup>, A. Dahl <sup>a</sup>, G. Wieslander <sup>c</sup>,  
M. Bohgard <sup>a</sup>, A. Wierzbicka <sup>a</sup>

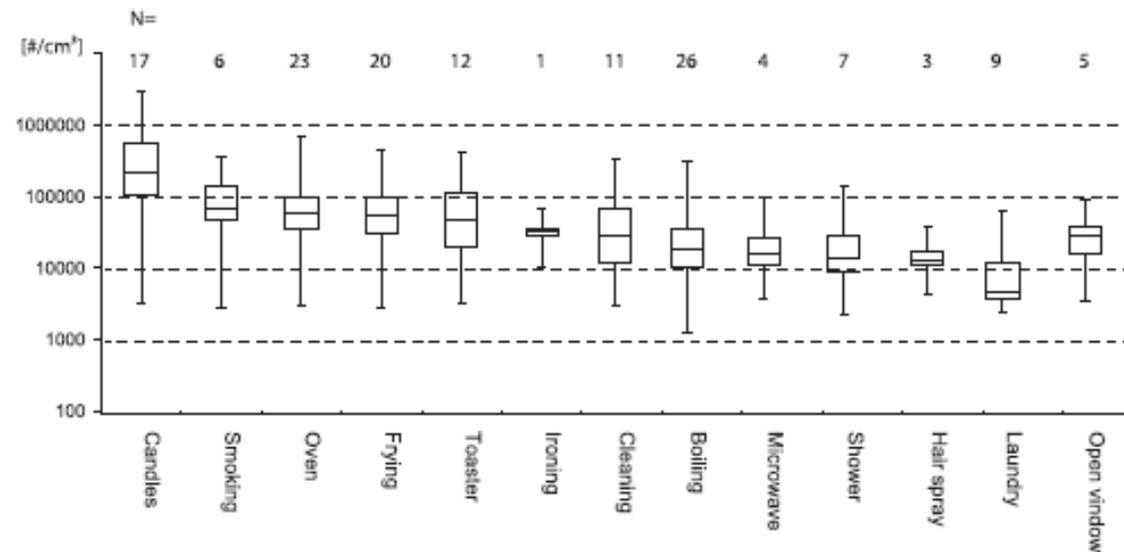
- PM Messungen an 7 fortlaufenden Tagen in 22 Wohnungen in Lund, Schweden (Messung zentral im Flur)
- Erfassung insbes. **Anzahlkonzentration PM < 300 nm** durch Innenraumaktivitäten (MiniDiSC, NanoTracer); **Kohlenstoff** (Aethalometer) plus Temperatur, Feuchtigkeit etc.
- Innenraum und Aussenmessungen
- Tage-/Aktivitätsbuch
- Ermittlung der Innenraumexposition über Integration der Konzentration über die Zeit (Partikel/cm<sup>3</sup> h).

# Exposition



## Contribution of indoor-generated particles to residential exposure

C. Isaxon<sup>a,\*</sup>, A. Gudmundsson<sup>a</sup>, E.Z. Nordin<sup>a</sup>, L. Lönnblad<sup>b</sup>, A. Dahl<sup>a</sup>, G. Wieslander<sup>c</sup>,  
M. Bohgard<sup>a</sup>, A. Wierzbicka<sup>a</sup>



**Fig. 1.** Summary of ultrafine particle number concentrations from various activity influenced periods. The boxes denote the quartiles, the horizontal line the medians and the whiskers maximum and minimum concentrations. *N* is the number of identified periods the calculations are based on.

# Exposition

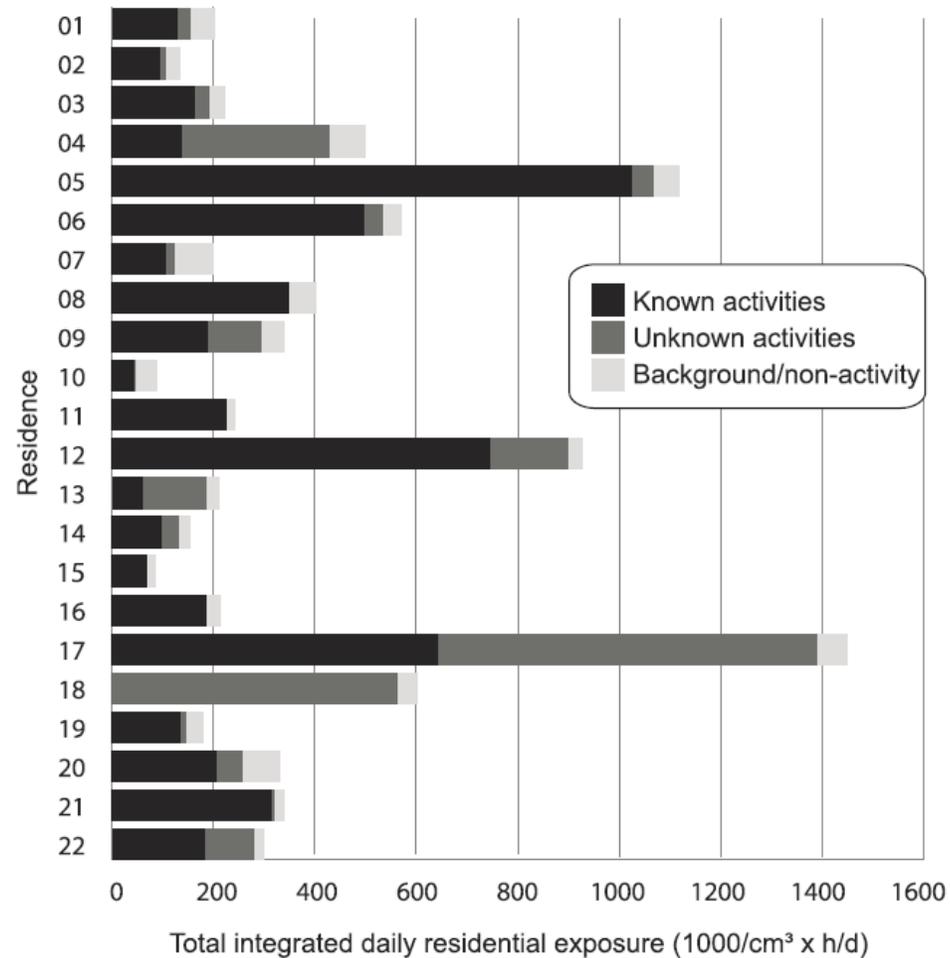


Fig. 5. Total integrated daily residential exposure for 22 residences and the contribution of time influenced by known and unknown activities and background/non-activity.



Contents lists available at ScienceDirect

Atmospheric Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv)

Contribution of indoor-generated particles to residential exposure

C. Isaxon<sup>a,\*</sup>, A. Gudmundsson<sup>a</sup>, E.Z. Nordin<sup>a</sup>, L. Lönnblad<sup>b</sup>, A. Dahl<sup>a</sup>, G. Wieslander<sup>c</sup>, M. Bohgard<sup>a</sup>, A. Wierzbicka<sup>a</sup>

- 22 Wohnungen kochen (frittieren, kochen, toasten braten)  
→ 31 % der täglichen Innenraumexposition
  
- Kerzenabbrand 26 % (in 6 Wohnungen 60 % bzw. in 2 Wohnungen 80 %) der täglichen Innenraumexposition