

# Verbrennungsprodukte in der Außenluft messen - Erfahrungen und Herausforderungen

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



Freistaat  
SACHSEN

Gunter Löschau



Dresden -11° C  
22. Januar 2016

Foto: Gunter Löschau

Statuskolloquium Luft  
am 6. Dezember 2017 in Dresden

## Verbrennungsprodukte in der Außenluft

- Einführung
- Qualitätskontrolle der Sondermessung
- Ergebnisse zur Umweltzone Leipzig
- Ausblick - Anwendung auf Holzheizungen
- Zusammenfassung

# Gesetzlich geregelte Messgrößen in EU-Richtlinien für Verbrennungsprodukte (Auswahl)

	Messgröße	Bewertungsgrundlage
1	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	EU-RL 2008/50/EG (1999/30/EG)
2	NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	EU-RL 2008/50/EG (1999/30/EG)
3	BaP	EU-RL 2004/107/EG



- **Grenzwerte** zum Schutz der menschlichen Gesundheit
- Bewertungsmaßstab für Messwerte

# Weshalb Sondermessungen von Ruß und ultrafeinen Partikeln in Sachsen?

- Ruß – typisches Verbrennungsprodukt und z.B. als schwarzer Kohlenstoff messbar (BC = Black Carbon)
  - Ultrafeine Partikel mit Durchmesser  $< 0,1 \mu\text{m}$  tragen nur wenig zur Partikelmasse bei
  - Ziel: **Verbrennungspartikel** in der Außenluft (Immission) dokumentieren, um die Wirkung veränderter Emissionen infolge von Luftreinhaltemaßnahmen darzustellen
  - **Sinnvolle Ergänzung (kein Ersatz!)** zu den gesetzlich vorgegebenen Messungen von  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$
- 
- + Empfindlicher  
- Keine Grenzwerte

- Entsteht bei unvollständiger Verbrennung
  - Feuerungen
  - Diesel-Fahrzeuge u.a.
- Ultrafeine und feine Kohlenstoff-Partikel
  - angelagerte Schadstoffe, wie PAK, SM
- Dieseruß ist krebserzeugend [WHO]



Günter Baumbach, Jutta Geiger, Andreas Hainsch, Barbara Hoffmann, Stefan Jacobi, Heike Kaupp, Thomas Kuhlbusch, Gunter Löschau, Konrad Müller, Andreas Petzold, Sabine Wurzler: **Ruß in luftgetragendem Feinstaub**. VDI-Statusreport. September 2016. ISBN 978-3-931384-86-9 [https://www.vdi.de/fileadmin/vdi\\_de/redakteur\\_dateien/krdl\\_dateien/VDI-Statusreport - Russ in luftgetragendem Feinstaub.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/krdl_dateien/VDI-Statusreport_-_Russ_in_luftgetragendem_Feinstaub.pdf)

# Wissenschaftliche Sondermessungen Ruß und ultrafeine Partikel

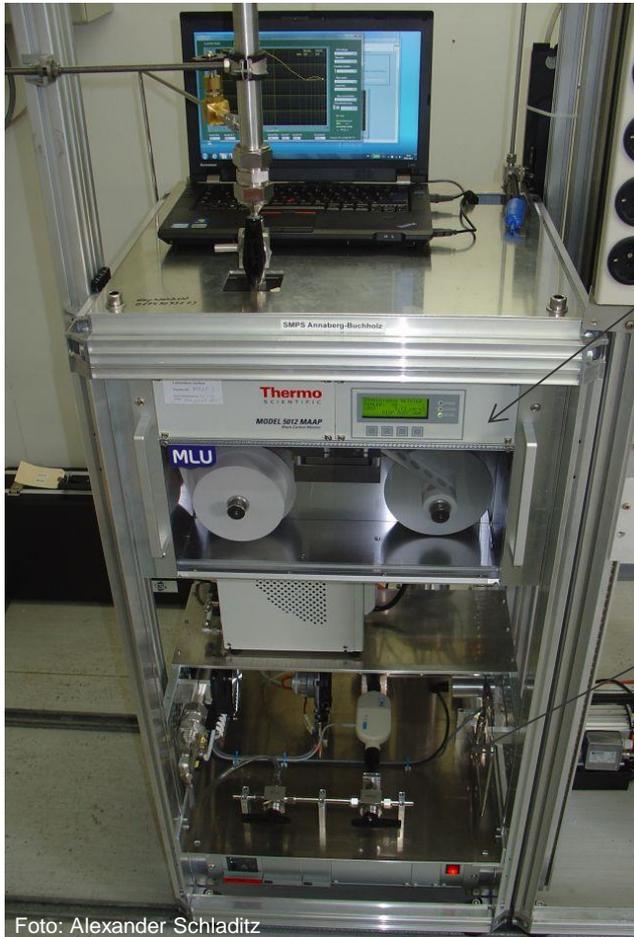


Foto: Alexander Schladitz

## I **BC** - Schwarzer Kohlenstoff

I PM<sub>1</sub>, Trocknung, MAAP AK. 6,6 g/m<sup>2</sup>

**TROPOS**

Leibniz Institute for  
Tropospheric Research

## I **UFP** - Ultrafeine und feine Partikel

I Elektrisches Mobilitätsspektrometer

I (5) 10 - 800 nm SMPS (TSMPS)

I PM<sub>1</sub>, Trocknung

I Umweltzone: **Indikator PN<sub>30-200nm</sub>**

# Entwicklung der Qualitätssicherung Elektrische Mobilitätsspektrometer

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



STAATLICHE BETRIEBS-  
GESELLSCHAFT FÜR UMWELT  
UND LANDWIRTSCHAFT



Leibniz Institute for  
Tropospheric Research

- **Jahreswartung und Zertifizierung im WCCAP\* in Leipzig**
- **Zertifizierung in Messstation** mit mobilem Referenz-Mobilitätsspektrometer (3 x pro Jahr)
- **Entwicklung einer automatische Funktionskontrolle** (1 x pro Woche)
- **Endvalidierung des Datensatzes** eines Jahres durch TROPOS und Übergabe an Luftgüte-Datenbank
- **Entwicklung eines KAT zur Butanol-Reduzierung**

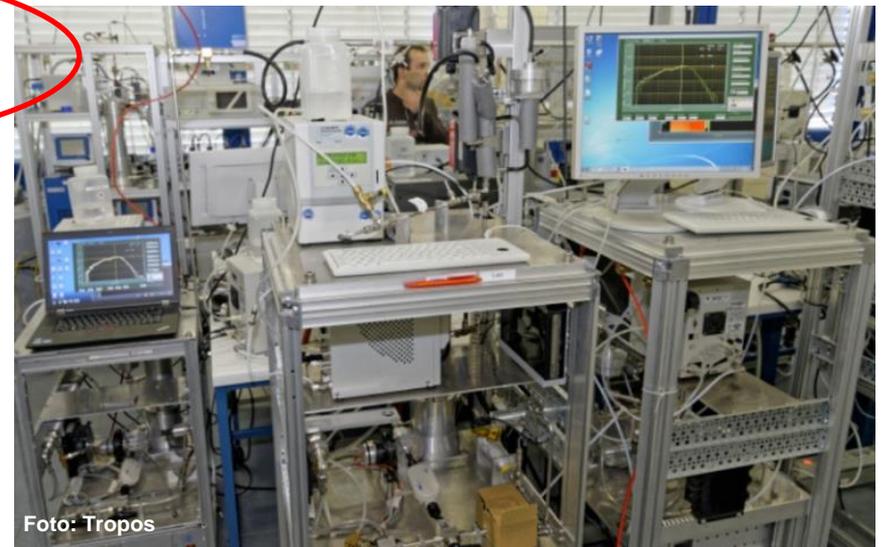


Foto: Tropos

\* World Calibration Centre for Aerosol Physics

# Automatische Funktionskontrolle

## Fernzugriff: Kontrolle Messbetrieb

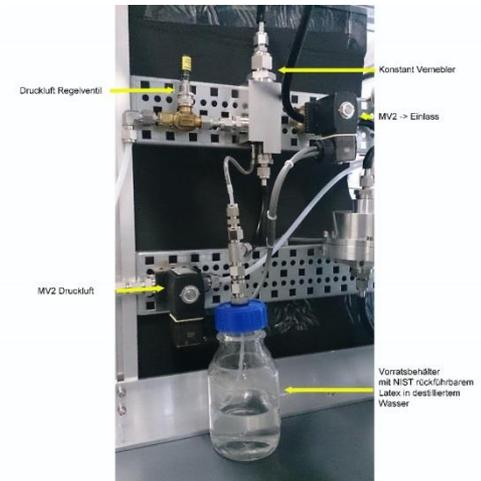
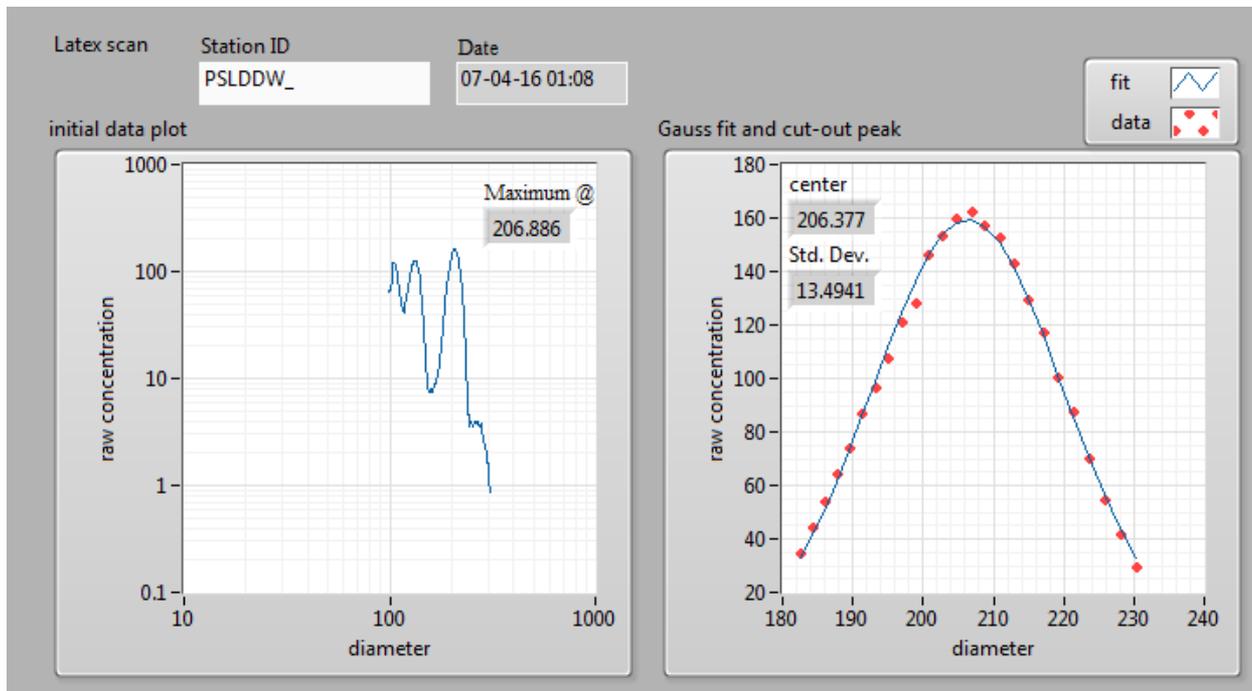
- Ziel: Weiterbetrieb nach Ende der EU-Projekte (Nachhaltigkeit)



- Durchflüsse?
- Feuchtegehalt kleiner 40 %?
- Rohdaten-Konzentration?
- Größenverteilung stetig?

# Automatische Funktionskontrolle

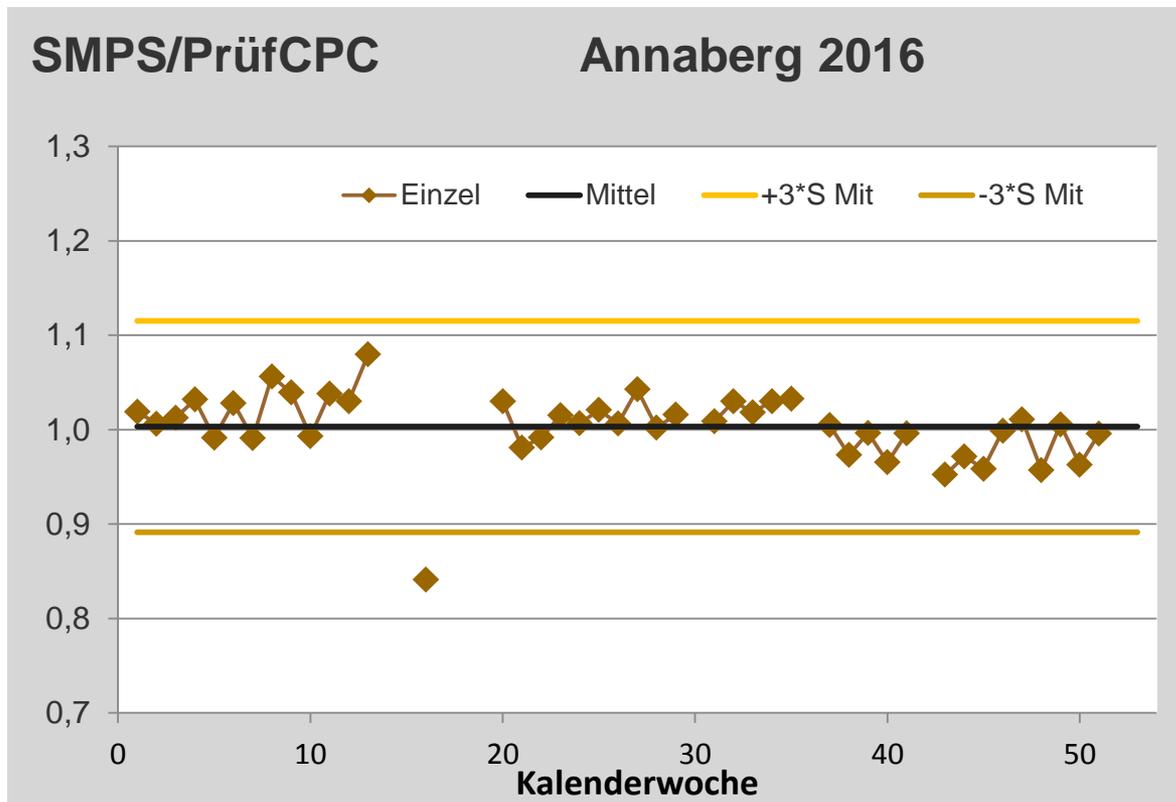
## Kontrolle der Partikelgrößenanzeige



- Zerstäuber
- Latexpartikel 203 nm (NIST zertifiziert)
- 3 Läufe --> Mittelwert

# Automatische Funktionskontrolle

## Kontrolle der Partikelanzahlkonzentrationsanzeige

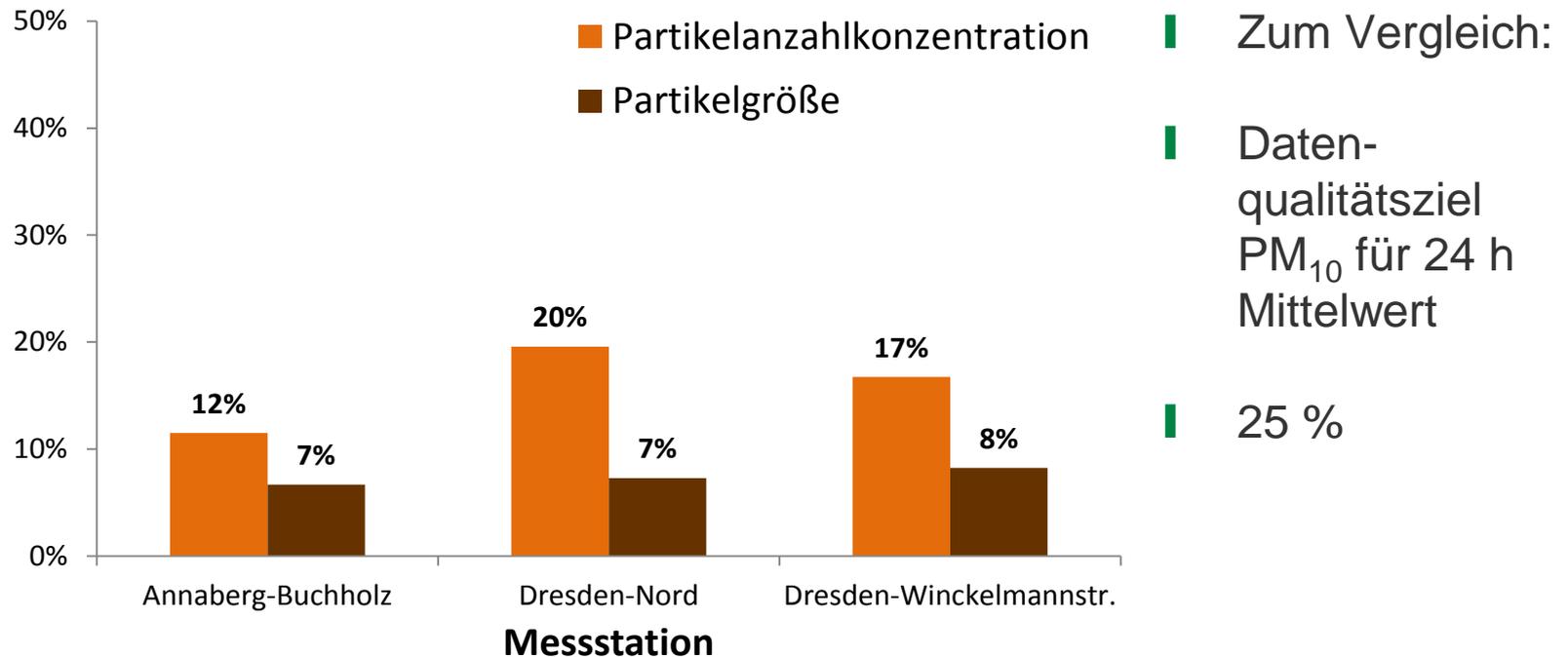


- modifizierte Außenluft
- Referenz ist zertifizierter Prüf-CPC
- Einzelpartikel-Zählmodus

# Messunsicherheit aus der automatischen Funktionskontrolle

## Partikelgröße und Partikelanzahlkonzentration

### Erweiterte Messunsicherheit für 1 h Werte 2016 in %



Erstmalig durchgehende Qualitätskontrolle für elektrische Mobilitätsspektrometer



Leibniz Institute for  
Tropospheric Research

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



Freistaat  
SACHSEN

# Umweltzone Leipzig

## Wie änderte sich die Luftqualität?

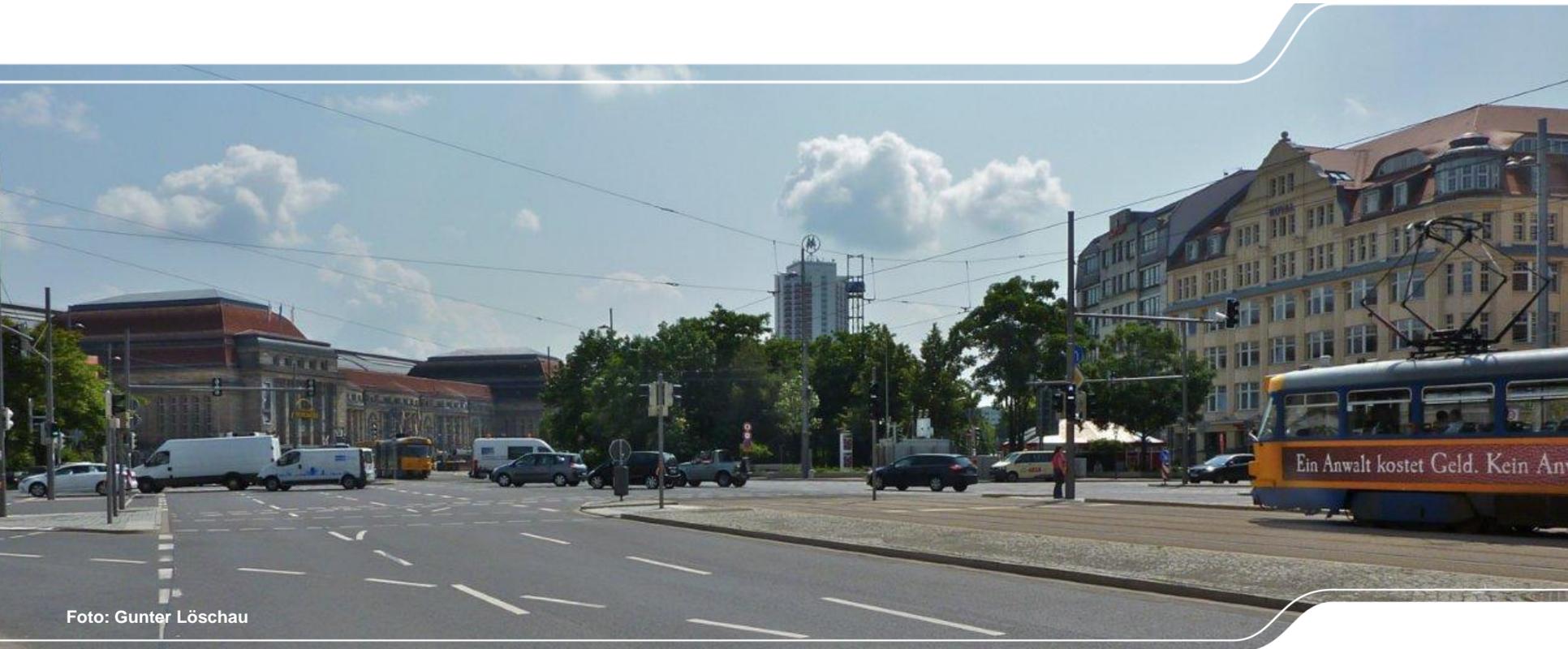


Foto: Gunter Löschau

# Umweltzone: Schutz der Gesundheit der Bürger



Foto: Mario Anhalt

## ■ Ziel der Umweltzone



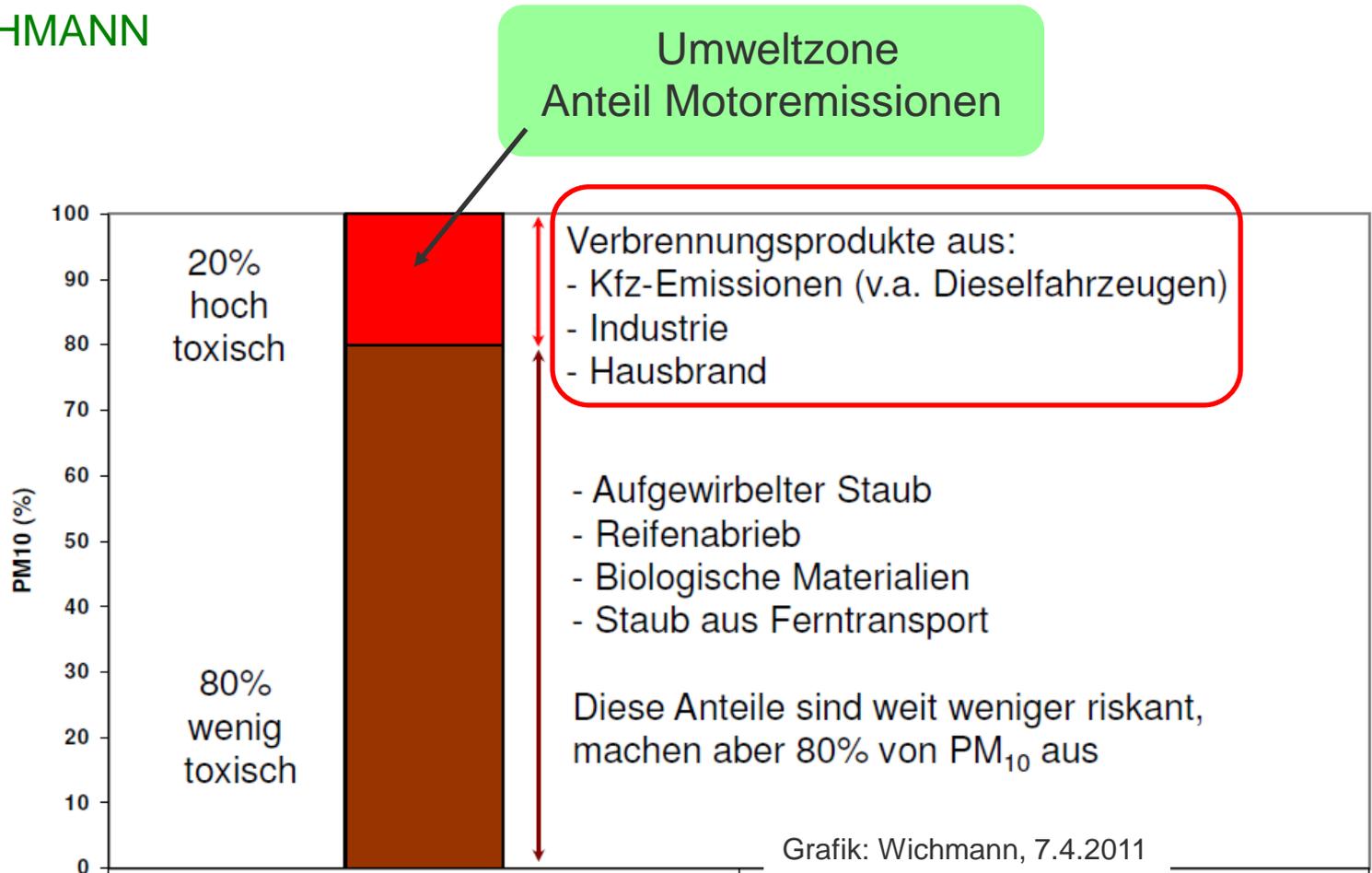
- Reduzierung der Fahrzeuge mit hohen Abgasemissionen
- vorwiegend Diesel-Fahrzeuge (Partikel und Stickoxide)

- **Dieselabgase sind krebserregend**



**World Health  
Organization**

# Gesundheitliche Wirkung der PM<sub>10</sub>-Feinstaubanteile nach WICHMANN



# Welcher Messgrößen sind für Dieselabgase geeignet?

## I Gesetzliche Immissionsüberwachung mit Grenzwerten

I NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>

I Feinstaub\* PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>

Grenzwerte



\*Dieselabgase: extrem kleine Partikel, die wenig zur Feinstaubmasse beitragen

## I Ergänzende wissenschaftliche Sondermessungen für Verbrennungspartikel (Messkonzept LfULG-Tropos 2009)

I Ruß als EC und BC

I Größenverteilung ultrafeiner Partikel

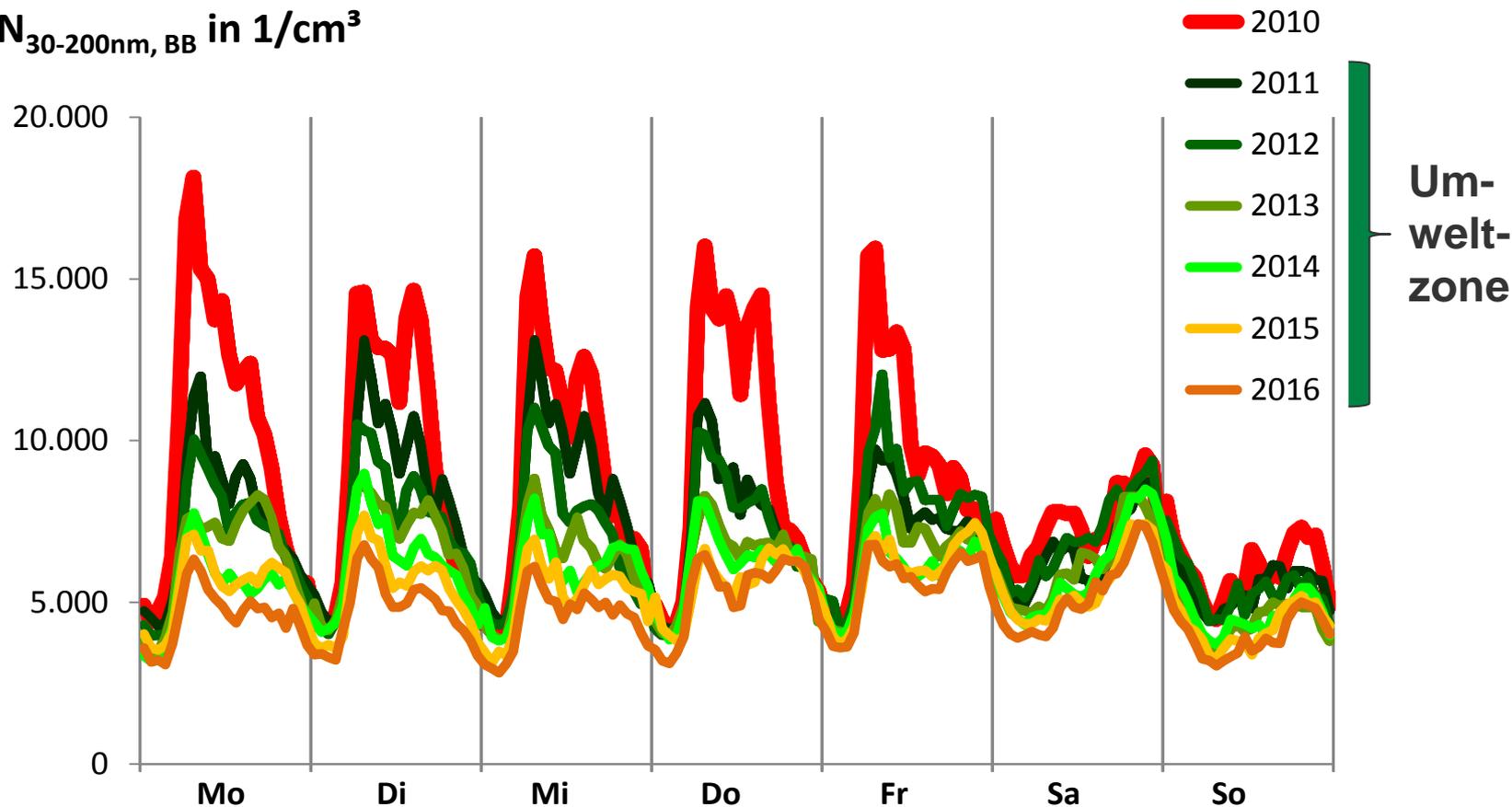


# Wissenschaft. Sondermessung

## Partikelanzahl $PN_{30-200nm}$

### Mittlerer Wochengang, Leipzig-Mitte

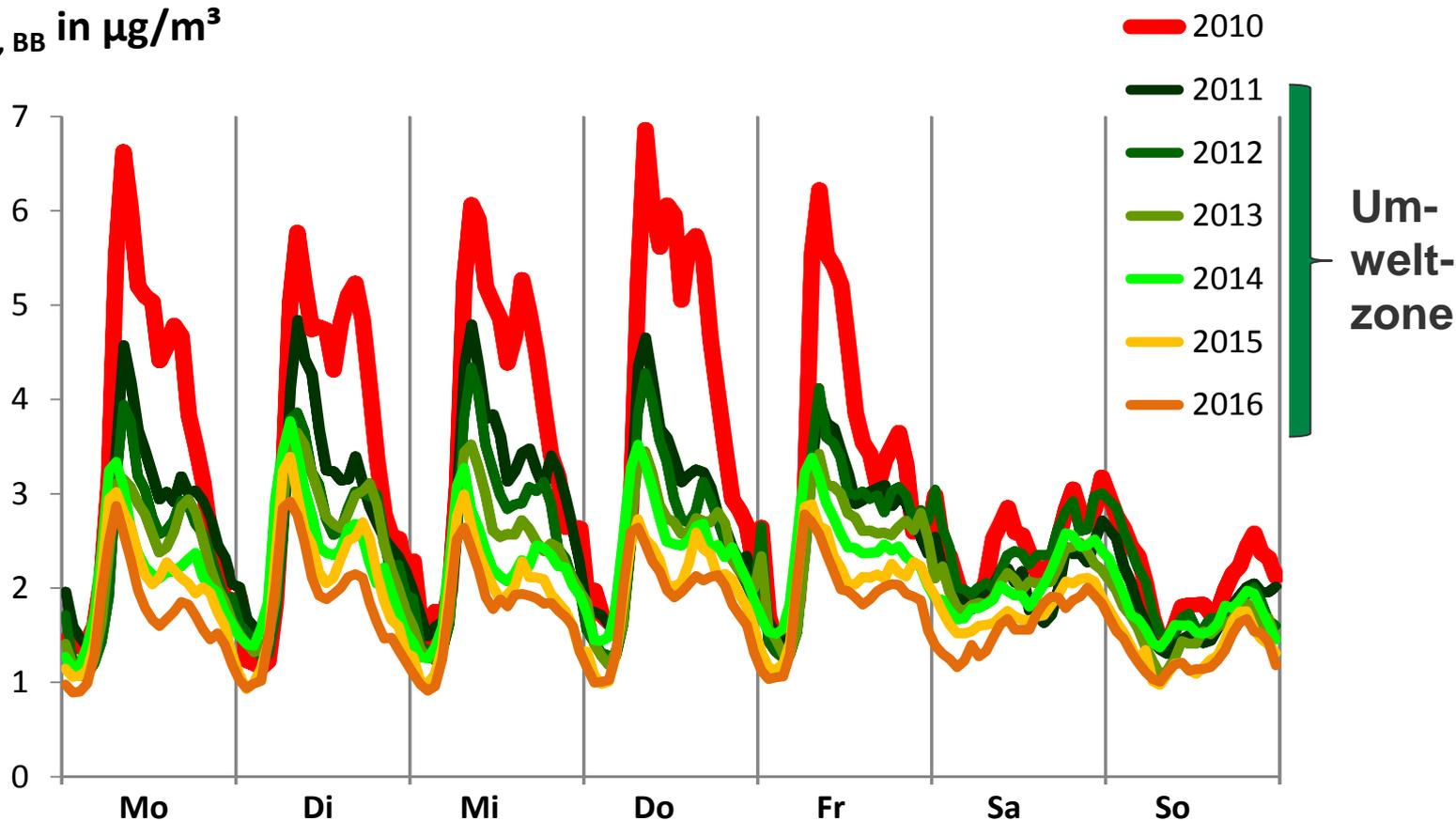
$PN_{30-200nm, BB}$  in  $1/cm^3$



# Wissenschaftl. Sondermessung Ruß als BC

## Mittlerer Wochengang, Leipzig-Mitte

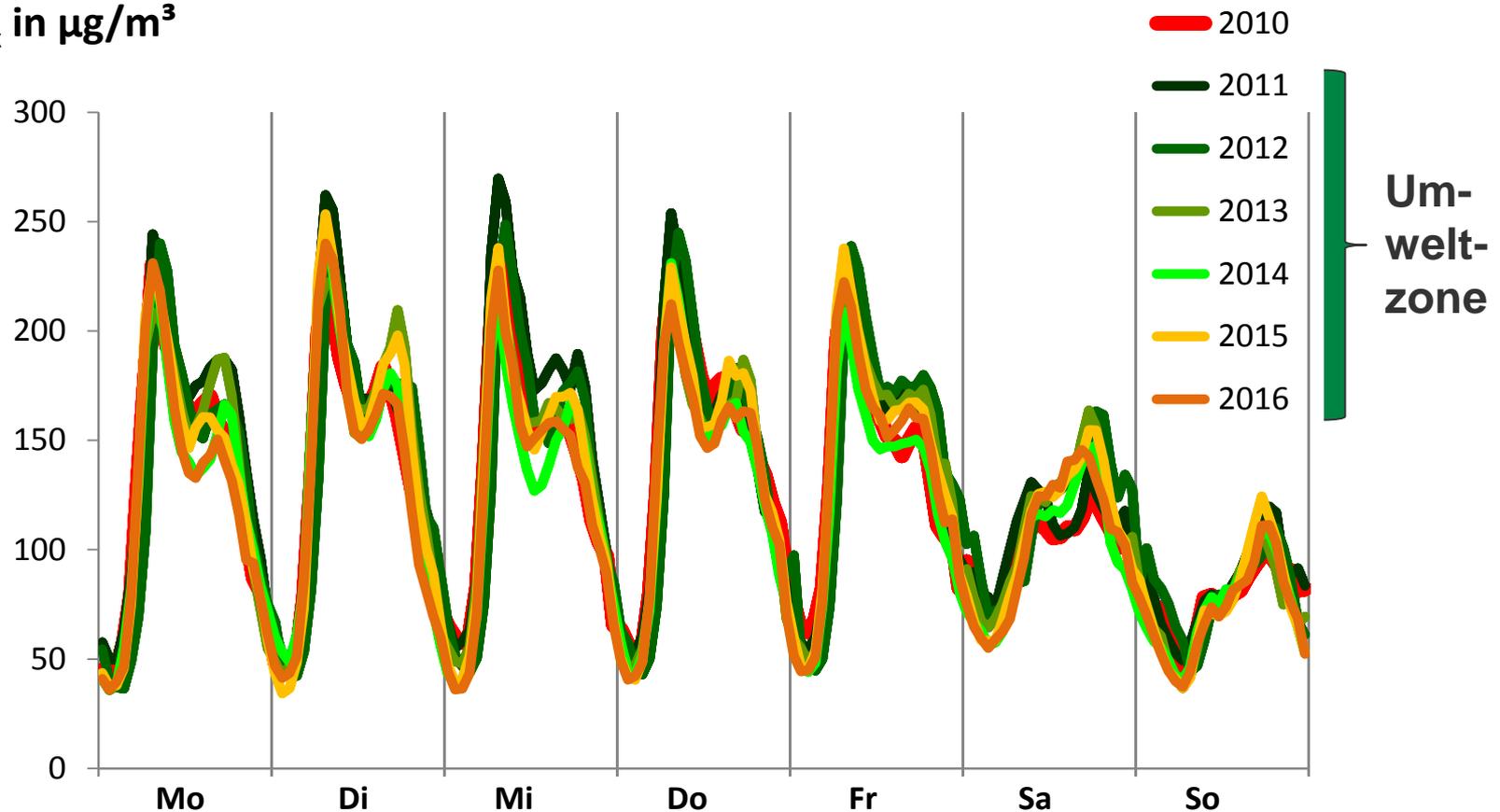
$BC_{PM1, BB}$  in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



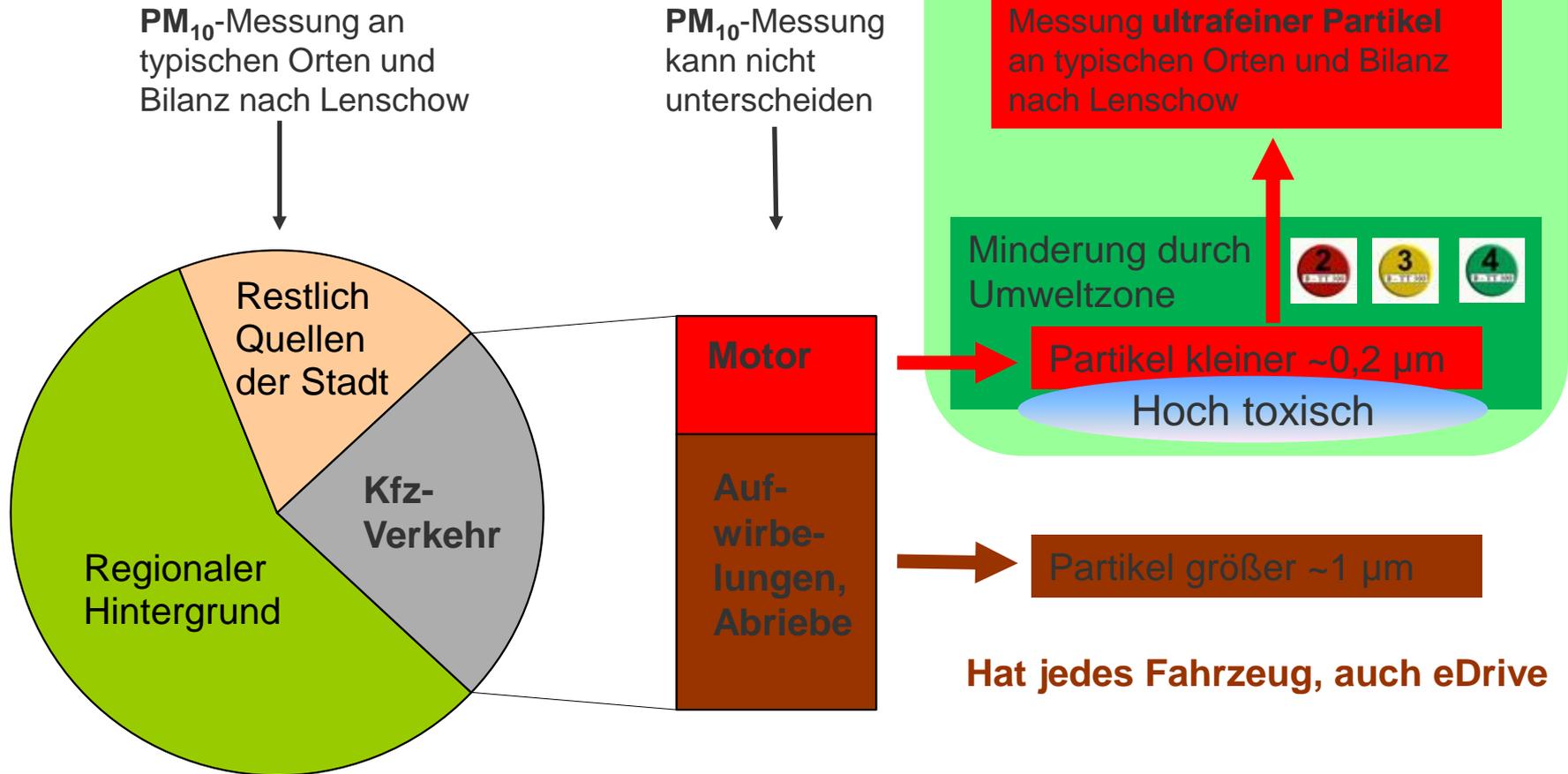
# Gesetzliche Überwachung Stickoxide $\text{NO}_x$

## Mittlerer Wochengang, Leipzig-Mitte

$\text{NO}_x$  in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

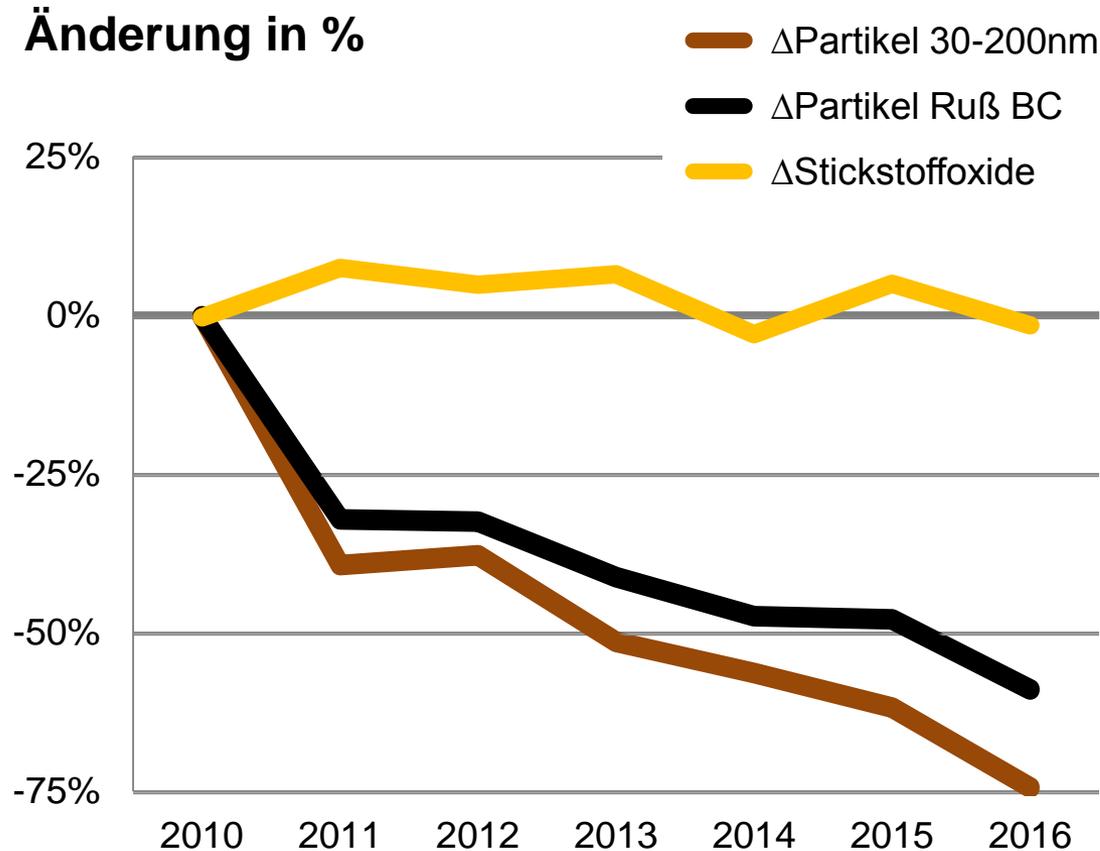


# Verursacheranalyse für Feinstaub PM<sub>10</sub> - Immission Verkehrsnahe Messstation



# Änderung der Luftqualität durch vorbeifahrende Kfz

## Verursacheranalyse Leipzig-Mitte



**ΔStickoxide →**

Schärfere  $\text{NO}_x$ -EU-  
Abgasnormen **ohne**  
**Wirkung in Stadt**

**ΔVerbr.-Partikel ↓**

-59 %  $\Delta\text{Ruß BC}$   
-74 %  $\Delta\text{PN}_{30-200\text{nm}}$

Schärfere Partikel-  
EU-Abgasnormen  
= Erfolgsgeschichte  
**Dieselpartikelfilter**

# Ergebnisse

## Wirkung der Umweltzone Leipzig

- **Deutliche Minderung der Verbrennungspartikel** in der Außenluft durch reduzierte Motoremissionen in 6 Jahren Umweltzone:
  - Ruß und Anzahl von 30 bis 200 nm großen Partikeln reduzierte sich um mehr als 50 %
  - Entspricht -3 bis -5 % Feinstaubmasse  $PM_{10}$
  - **Deutliche Senkung des Gesundheitsrisikos** der Bevölkerung, da Reduzierung des hochtoxischen Anteils im Feinstaub
- Umweltzone war **verursachergerechte und sinnvolle Maßnahme** der Stadtverwaltung Leipzig
- **Stagnation der Stickoxide** trotz modernster Diesel-Kfz

Mehr unter:

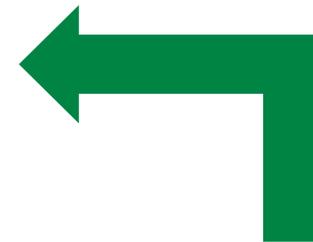


Löschau, G.; Wiedensohler, A.; Birmili, W.; Rasch, F.; Spindler, G.; Müller, K.; Wolf, U.; Hausmann, A.; Sommer, W.; Anhalt, M.; Dietz, V.; Herrmann, H.: Umweltzone Leipzig, Abschlussbericht. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dezember 2017.

<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/27471>

# Bewertung der Verbrennungsprodukte im FS Sachsen ohne neue gesetzliche Regelungen

	Messgröße	Bewertungsgrundlage
1	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>EU-RL 2008/30/EG</b>
2	NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	EU-RL 2008/30/EG
3	BaP	EU-RL 2004/107/EG
4	Ruß_EC <sub>PM10</sub>	keine
5	Ruß_BC <sub>PM1</sub>	keine
6	PN <sub>30-200nm</sub>	keine



Darstellung als  
hochtoxischer Anteil  
im Feinstaub PM<sub>10</sub>  
(WICHMANN-Ansatz)

- Sachsen: 6 Messgrößen für Verbrennungsprodukte
- Anwendung: Erfolgreich für Umweltzone, auch für Holzfeuerungen?
- Erfahrung & Messtechnik & lange Messreihen

# Ausblick Holzfeuerungen hohe Partikelemissionen

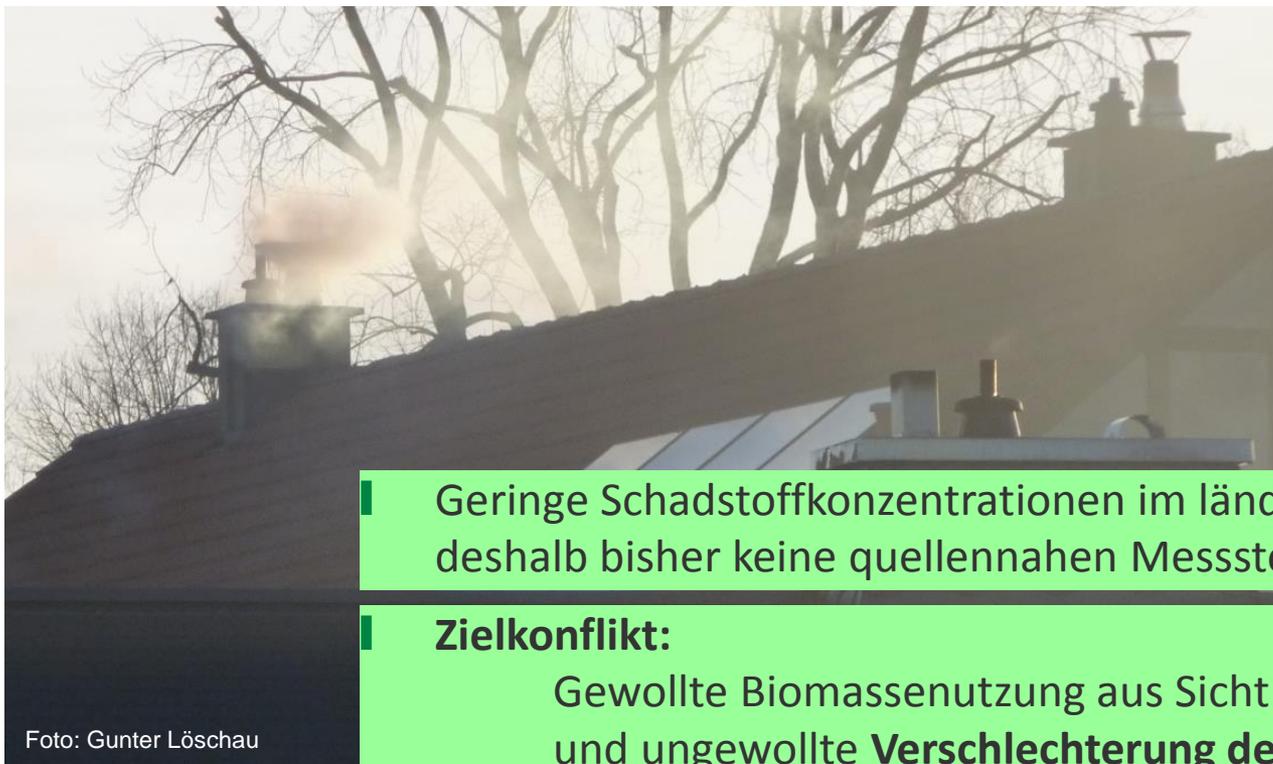


Foto: Gunter Löschau

Geringe Schadstoffkonzentrationen im ländlichen Raum, deshalb bisher keine quellennahen Messstellen vorgesehen

## Zielkonflikt:

Gewollte Biomassenutzung aus Sicht Klimaschutz und ungewollte **Verschlechterung der Luftqualität**

Keine Diskussion über Erhöhung des Gesundheitsrisikos, Deutschland: Begrenzung durch 1. BImSchV

**Verstoß gegen EU-RL 96/62/EG, Artikel 1, Ziele:**  
Erhalt der Luftqualität, sofern sie gut ist



# BaP-Immissionen

BaP in ng/m<sup>3</sup>



**EU-Zielwert**

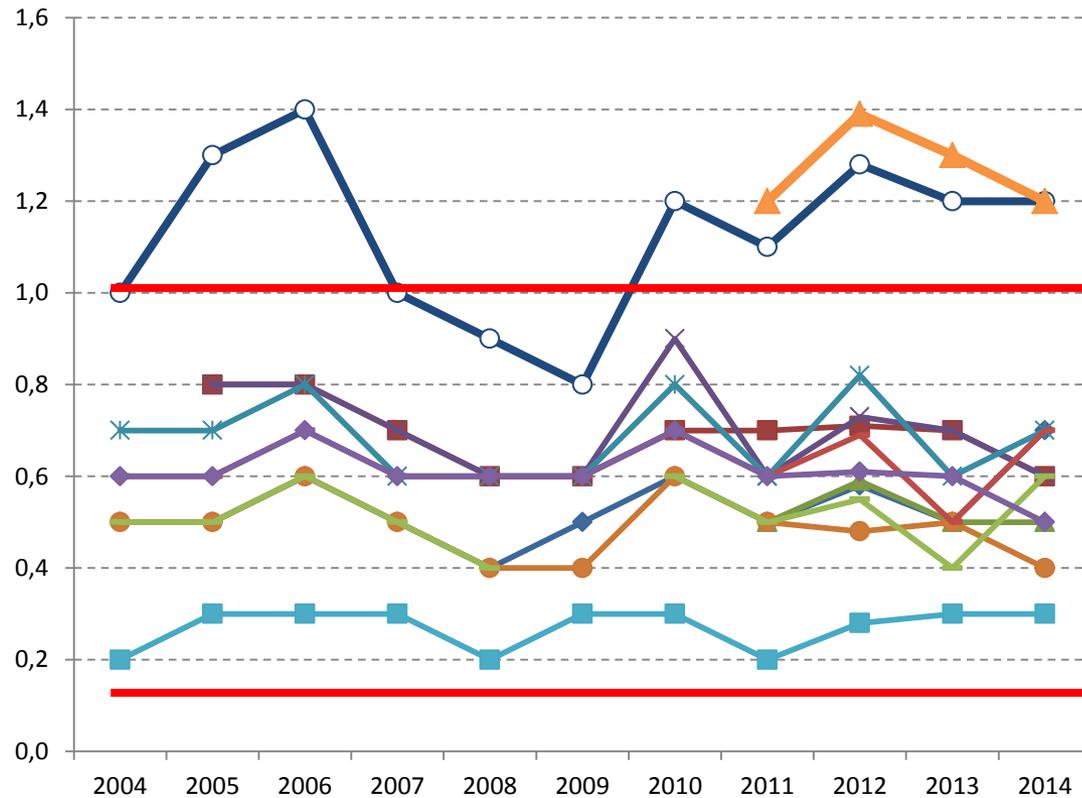
1 ng/m<sup>3</sup>  
ab 2013 einzuhalten



**World Health  
Organization**

**WHO:**

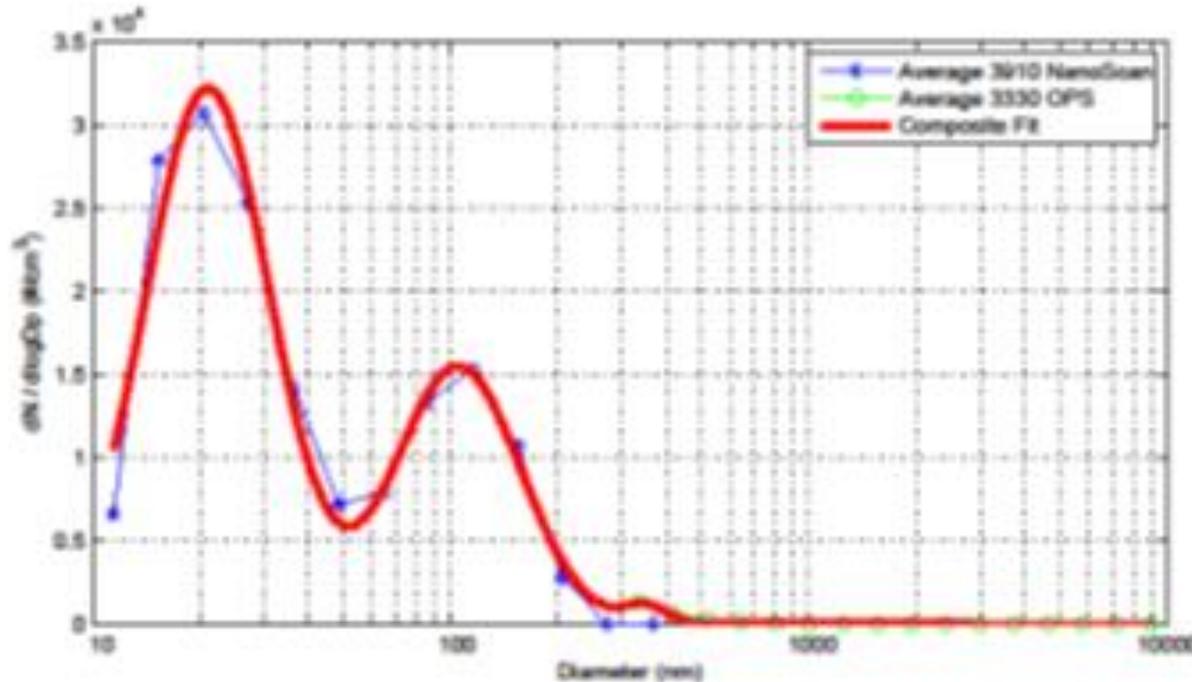
0,12 ng/m<sup>3</sup> Empfehlung



# Holzfeuerung

## Beispiel: Belastung im Innenraum

Partikelanzahl-Größenverteilung von 10 nm bis 10  $\mu\text{m}$   
Bi-modale Verteilung für trockene Holzbriketts (10 nm, 100 nm)



Torsten Tritscher, Hee-Siew Han, Aaron Avenida, Tim Johnson, Carsten Kykal, Thomas J. Krinke and Oliver F. Bischof: Data Acquisition and Data Merging from Optical Sizer and Electrical Mobility Sizers with Multi-Instrument Manager Software. International Aerosol Conference 2014 in Busan, Korea

# Zusammenfassung

## Verbrennungsprodukte in der Außenluft



- = hochtoxischen Anteil im Feinstaub in der Außenluft
- Ergänzende Sondermessung von Ruß und der Größenverteilung ultrafeiner Partikel empfindlicher als Feinstaub  $PM_{10}$
- Umrechnung in Feinstaubmasse → Gesundheitliche Bewertung
- **Erfolgreiche Anwendung – Umweltzone Leipzig**
  - Kleine Reduzierung von Feinstaub, aber deutliche Reduzierung des Gesundheitsrisikos
- **FuE-Vorhaben: Zusatzbelastung durch Holzheizungen**
- Daten stehen für gesundheitliche Studien bereit

**Vielen Dank!**