

14th ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles August 1st – 4th 2010

Focus – Event am 4. August 2010 Feinstaub in Städten und im ländlichen Raum

Ultrafeine Partikel – Eine Sondermessung im Luftgütemessnetz in Sachsen

Ultrafine particles in ambient air – a special measurement program in air quality monitoring network in Saxony

Dr. Gunter Löschau

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Pillnitzer Platz 3, D - 01326 Dresden Pillnitz

Tel. / Fax: +49 351 2612 5101 / +49 351 2612 5199

E-mail: gunter.loeschau@smul.sachsen.de

Zusammenfassung

Die Bestimmung der Anzahl ultrafeiner Partikel (UFP) in Ergänzung zu PM₁₀ oder PM_{2.5} eröffnet neue Möglichkeiten, die Luftqualität besser überwachen zu können.

Eine UFP-Messung an einem verkehrsnahen Messort wurde in das sächsische Luftgütemessnetz integriert. Seit 9 Jahren werden Messungen mit einem Mobilitätsspektrometer TDMPs (Twin Differential Particle Mobility Sizer) durchgeführt. Acht Partikelgrößenklassen werden neben den Luftschadstoffen in der Datenbank gespeichert und verwaltet. Das Niveau der Partikelkonzentration im Bereich von 10 bis 800 nm lag in den Jahren 2001 bis 2006 bei $20 \cdot 10^3$ Partikeln pro cm³. Das Niveau sank um rund 25 % in den letzten drei Jahren.

Eine ergänzende Messkampagne über 6 Monate an typischen Messorten in Sachsen¹ zeigte, dass die Partikelanzahlkonzentration am Straßenrand im Ballungsraum etwa 6 x höher ist als an Messorten im ländlichen Raum. Die Partikelanzahl-Größenverteilung lässt besonders deutliche Unterschiede für sehr kleine Partikel zwischen verkehrsnahem Messort, städtischem und ländlichem Hintergrund erkennen (Bild 1).

Ein innovativer UFP-Monitor für Langzeitmessungen wurde in einem EU-Projekt unter Leitung des LfULG mit Partnern aus Industrie und Forschung entwickelt². Das Ziel war ein vereinfachtes Mobilitätsspektrometer mit einem geringen Wartungsaufwand. Dieses arbeitet ohne radioaktive Quelle und ohne Betriebsflüssigkeit. Die Hoffnung auf eine Langzeitstabilität hat sich jedoch bisher nicht erfüllt. Deshalb modifiziert der Hersteller gegenwärtig das Messsystem.

Die Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle ist absolut notwendig zur Erzeugung zeitlicher und örtlich vergleichbarer Werte - besonders aus der Perspektive einer Umweltüberwachungsbehörde. Die

¹ http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/3_Abschlussbericht.pdf

jährliche Prüfung und Kalibrierung der Mobilitätsspektrometer einschließlich der Probenahmesysteme ist keine Aufgabe im sächsischen Luftgütemessnetz, sondern wird extern am WCCAP³ durchgeführt. Es schließt eine Wartung und einen Vergleich aller Mobilitätsspektrometer ein⁴. Ergänzende Prüfungen werden in der Messstation durchgeführt. Dafür wurde die Entwicklung eines mobilen Aerosolstandards⁵ in Auftrag gegeben. In einem weiteren Projekt wurde erstmalig ein „fliegendes“ Referenzmesssystem¹ vorgegeben, dass durch Vergleichsmessung nacheinander an den Messstationen und am WCCAP die Datenqualität prüft. Es ist eine sehr aufwendige Maßnahme zur Qualitätskontrolle, doch zurzeit die beste Methode, um vergleichbare Werte zu gewinnen. In den Messstationen fehlt eine einfache tägliche Funktionskontrolle für eine durchgängige Qualitätskontrolle. Dort besteht Forschungsbedarf.

Umweltzonen in den Ballungsräumen mit PM₁₀-Grenzwertüberschreitungen werden einen kleinen, aber sehr gesundheitsrelevanten Anteil im Feinstaub PM₁₀ reduzieren und so zur Verbesserung der Gesundheit der Bürger beitragen⁶. Der Erfolgsnachweis der Reduzierung der Auspuffemissionen wird im Freistaat Sachsen u. a. über die Messung der Anzahl ultrafeiner Partikel geführt, da dort der Messeffekt etwa 10 bis 20 x größer als für Feinstaub PM₁₀ ist (Bild 2).

Die Überwachung von UFP in Luftgütemessnetzen hat nur Chancen, wenn sie anwenderfreundlich und kostengünstig gestaltet wird.

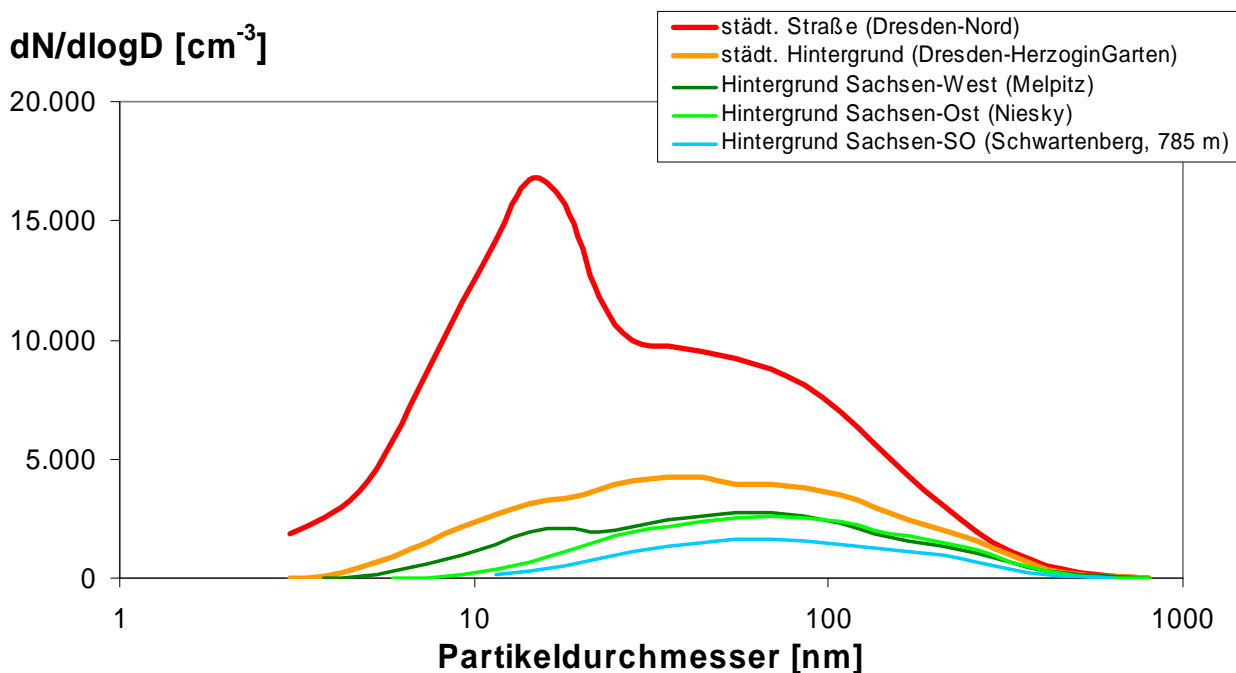


Bild 1: Mittlere Partikelanzahl-Größenverteilung an typischen Messorten in Sachsen während einer Messkampagne über 6 Monate (9/2006-2/2007).

² <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3598.htm>

³ Leibniz Institute for Tropospheric Research in Leipzig. [The World Calibration Center for Physical Aerosol Measurements \(WCCAP\)](http://www.tropos.de/eng/physics/aerosol/physics_aero.html). http://www.tropos.de/eng/physics/aerosol/physics_aero.html

⁴ http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Vergleichsmessung_ultrafeiner_Partikel_im_Prueflabor.pdf

⁵ http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Mobiler_Aerosolstandard_09-12-14.pdf

⁶ Wichmann, H-E.: Umweltmed Forschung Prax 13(1) 7 – 10 (2008)

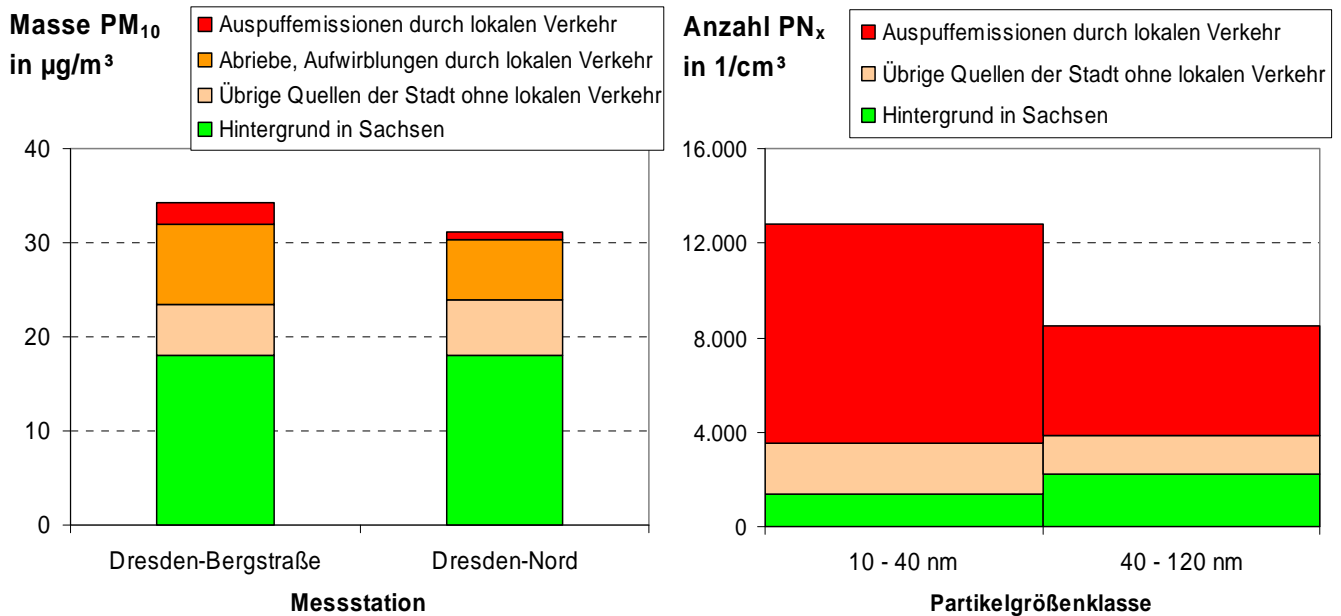


Bild 2: Schätzung der Verursacheranteile in der Außenluft an verkehrsnahen Messorten für Partikelmessverfahren hinsichtlich Masse (gesetzlich vorgeschriebene Messung) und Anzahl (freiwillige Messung). Das rote Feld zeigt jeweils den Immissionsanteil, der durch die Auspuffemissionen der vorbei fahrenden Fahrzeuge verursacht wird. Dieser Anteil liegt für PM₁₀ je nach Messort bei 2 bis 7 % und für die Anzahl ultrafeiner Partikel je nach Größenklasse bei 55 bis 73 % vom Konzentrationsniveau in diesen Beispielen. Damit ist die Messung der Anzahl der ultrafeinen Partikel das deutlich empfindlichere Messverfahren für den Nachweis der zu erwartenden Reduzierung der Auspuffemissionen in der Außenluft.

14th ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles August 1st – 4th 2010

Focus – Event am 4. August 2010 Feinstaub in Städten und im ländlichen Raum

Ultrafine particles in ambient air – a special measurement program in air quality monitoring network in Saxony

Dr. Gunter Löschau

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Pillnitzer Platz 3, D - 01326 Dresden Pillnitz

Tel. / Fax: +49 351 2612 5101 / +49 351 2612 5199

E-mail: gunter.loeschau@smul.sachsen.de

Extended summary

The determination of the number of ultrafine particles (UFP) in addition to the measurement of PM₁₀ or PM_{2.5} opens up new possibilities to better assess the air quality in future.

UFP have been measured at a traffic site in Dresden for nine years using a TDMPMS (Twin Differential Particle Mobility Sizer) and were classified in eight size classes. The level of the particle concentration was about $20 \cdot 10^3$ particles per cm³ in the range from 10 to 800 nm in the period from 2001 to 2006. The level decreased by about 25 % in the following period to 2009.

An additional investigation showed that the particle concentration on urban street in Dresden is 6 times more than in rural background in Saxony¹. Number size distribution and concentration is showed for different typical locations like traffic site, urban background and regional background (Fig.1).

A newly UFP-Monitor was developed with partners for long term measurements in an EU-Project². The aim was an instrument that is cost-efficient and user-friendly. It works without radioactive source and fluids. Unfortunately it didn't manage the evidence for long term stability and it is updated by the manufacturer currently.

The quality assurance and quality control for measurement of UFP is absolutely necessary to produce comparable data especial from the perspective of an environmental authority (LfULG). The calibration of instruments isn't a task of the air quality network. It is arranged by an external calibration lab (WCCAP³) every year. It also includes the maintenance and an intercomparison for all measurement instruments⁴. Additional checks of the instruments are carried out in the measurement stations. These

¹ http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/3_Abschlussbericht.pdf

² <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3598.htm>

³ Leibniz Institute for Tropospheric Research in Leipzig. [The World Calibration Center for Physical Aerosol Measurements \(WCCAP\)](http://www.tropos.de/eng/physics/aerosol/physics_aero.html). http://www.tropos.de/eng/physics/aerosol/physics_aero.html

⁴ http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Vergleichsmessung_ultrafeiner_Partikel_im_Prueflabor.pdf

periodic checks were possible because the environmental authority (LfULG) had awarded projects to develop a mobile aerosol standard⁵. In other project¹ were tested the method with a reference measuring system like a round robin test. The reference system goes from station to station and to the WCCAP. It is the best way to produce comparably values, but it is very expensive. The ongoing quality control is well on the way and makes progress, but it is not quite complete yet. The gap is a simple daily check for proper operation. There is a need for research.

Low emission zones are going to reduce the exhaust emission of traffic. This emission is only a very small share of PM₁₀, but it is a most important share related to human health⁶. The success of low emission zones will provide evidence in Saxony by the measurement of the number of ultrafine particles. This innovative measurement method is about 10 to 20 times more sensitive than PM₁₀ in regard to the part of exhaust emission of traffic, like it is showed in Figure 2.

The measurement of ultrafine particles in air quality networks is considered promising, if the required equipment and its operation are cost-effective and user-friendly.

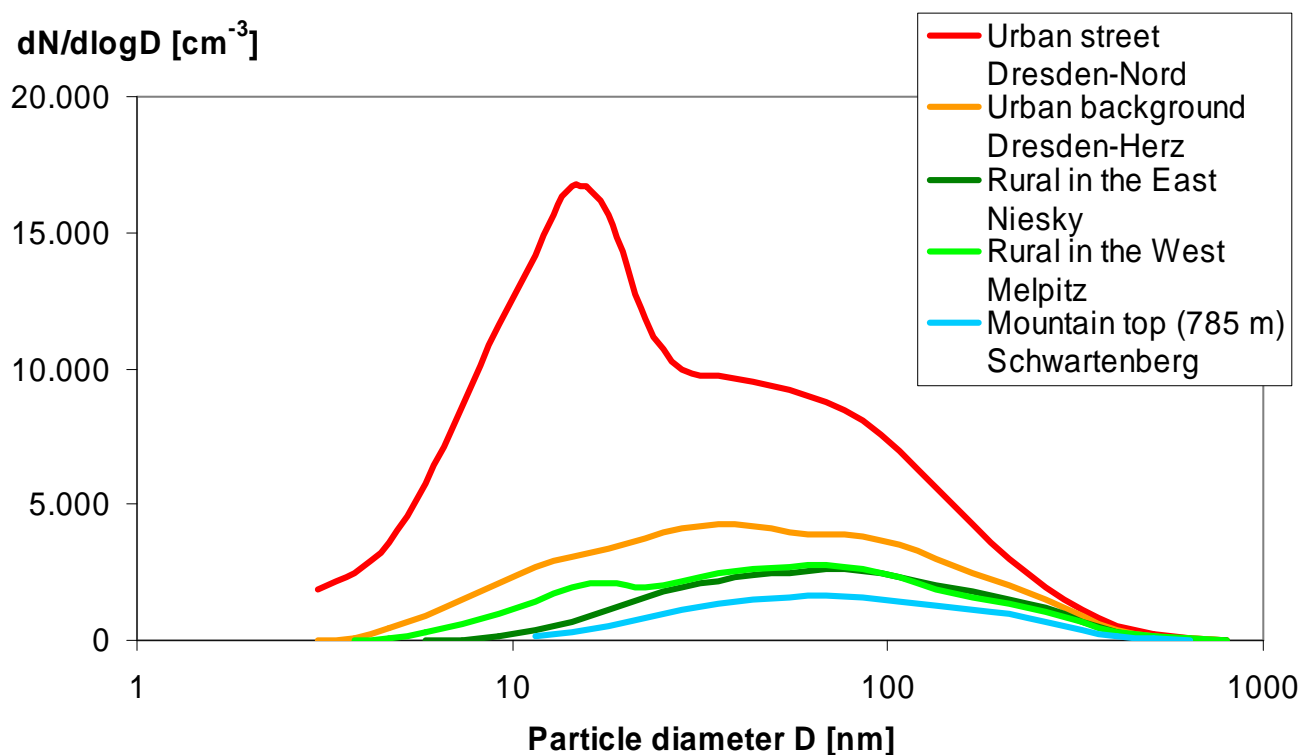


Fig. 1: Averaged particle number size distributions on typical locations in Saxony over 6 months.

⁵ http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Mobiler_Aerosolstandard_09-12-14.pdf

⁶ Wichmann, H-E.: Umweltmed Forschung Prax 13(1) 7 – 10 (2008)

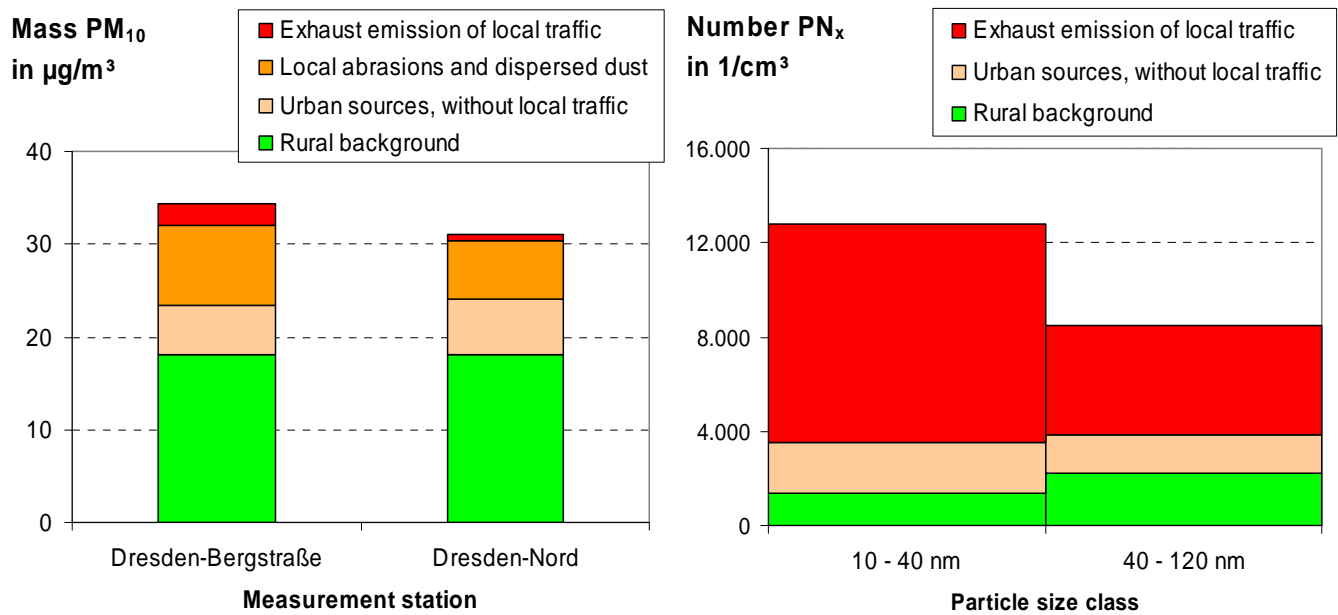


Fig. 2: Estimation of pollutant-shares at a traffic-orientated site for the measurement of PM₁₀ and number of ultrafine particles. The red field at the top of every column is the pollutant-share of exhaust emission of local traffic at measurement station.

Ultrafeine Partikel – Sondermessung im Luftgütemessnetz in Sachsen

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Dr.-Ing. Gunter Löschau

Email: gunter.loeschau@smul.sachsen.de

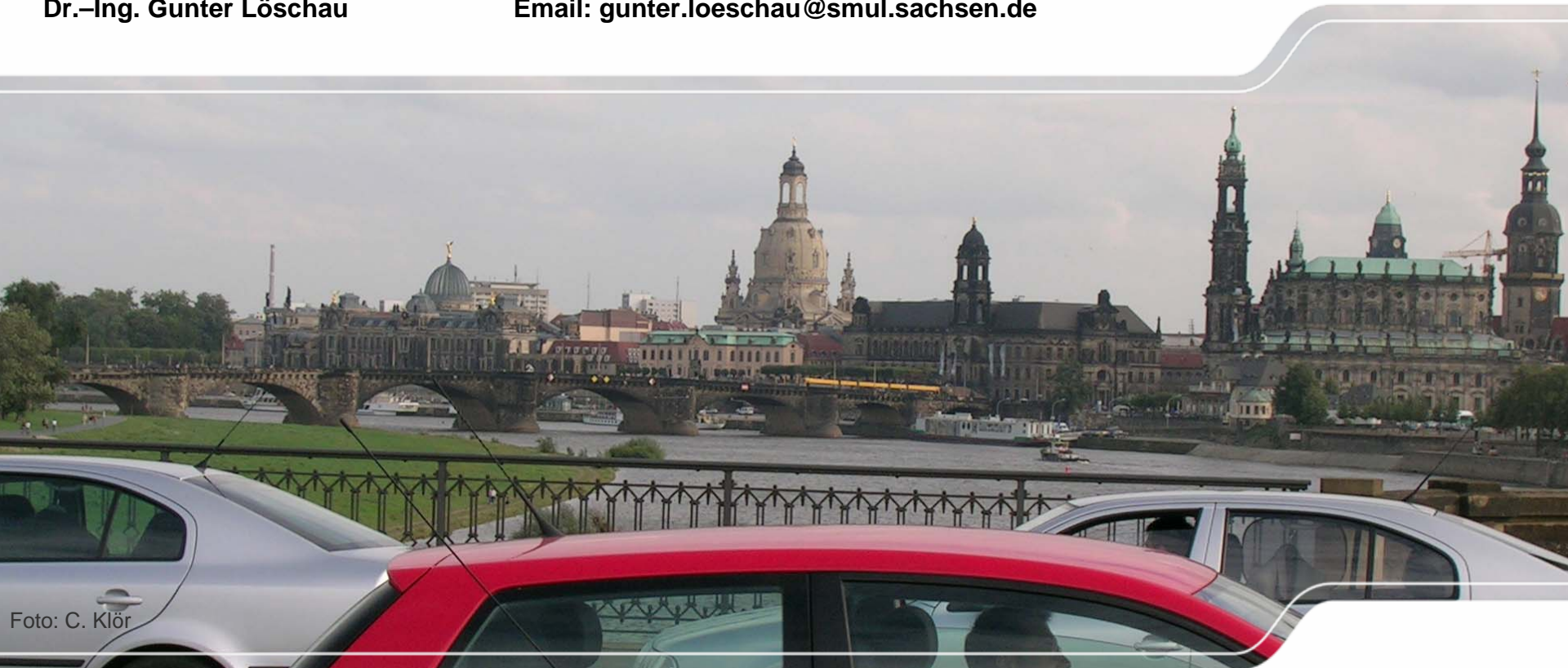


Foto: C. Klör

Nanopartikelkonferenz der ETH Zürich

Focus-Event „Feinstaub in Städten und im ländlichen Raum“, 4. August 2010

UFP = Ultrafeine Partikel (Anzahl)

1 Behörde und Luftqualität in Sachsen

2 Messergebnisse mit Mobilitätsspektrometer TDMPS

- Messsystem und Integration in Luftgütemessnetz
- Ergebnisse über 9 Jahre
- Stadt-Land-Vergleich aus einer Messkampagne

3 Konzepte UFP

- Messtechnische Begleitung von Umweltzonen
- UFP- Monitor für Luftgütemessnetze
- Maßnahmen zur Qualitätskontrolle UFP

4 Zusammenfassung



Überwachung und Bewertung der Luftqualität über viele Jahre

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

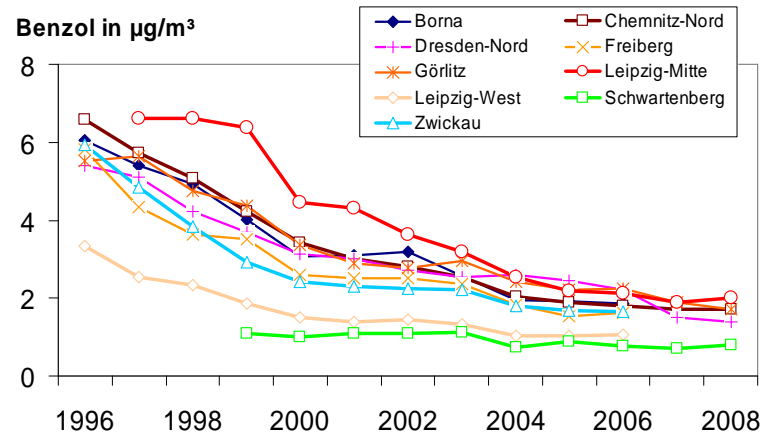
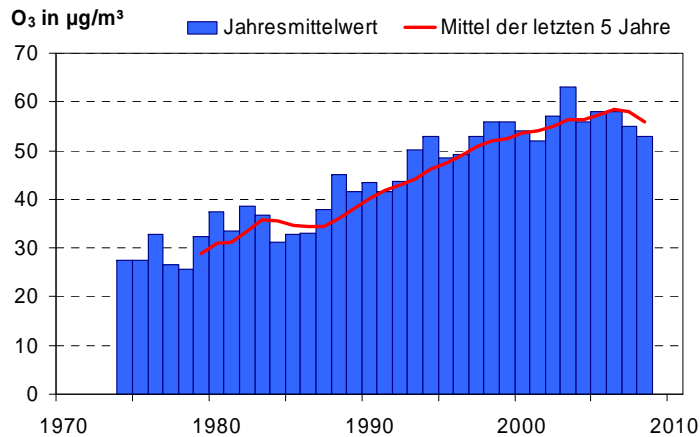
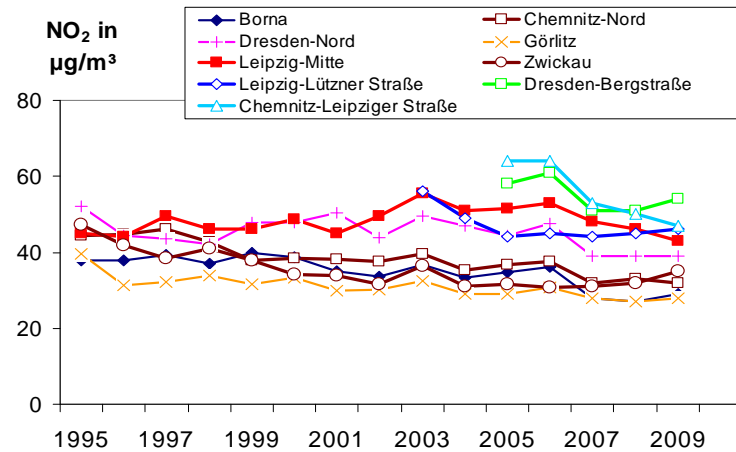
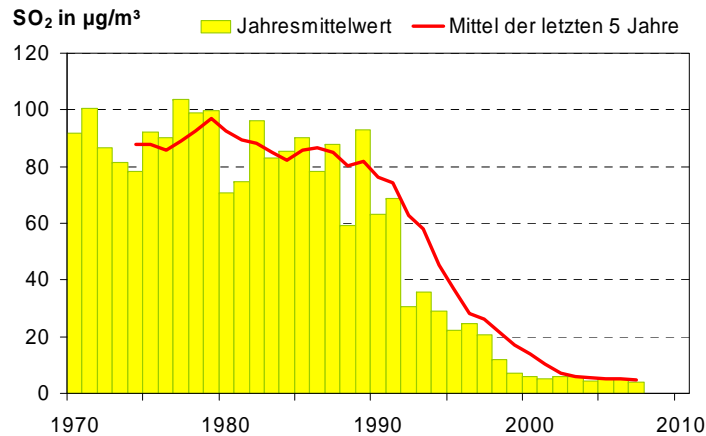


Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010

→ Datenqualität

→ Vergleichbarkeit

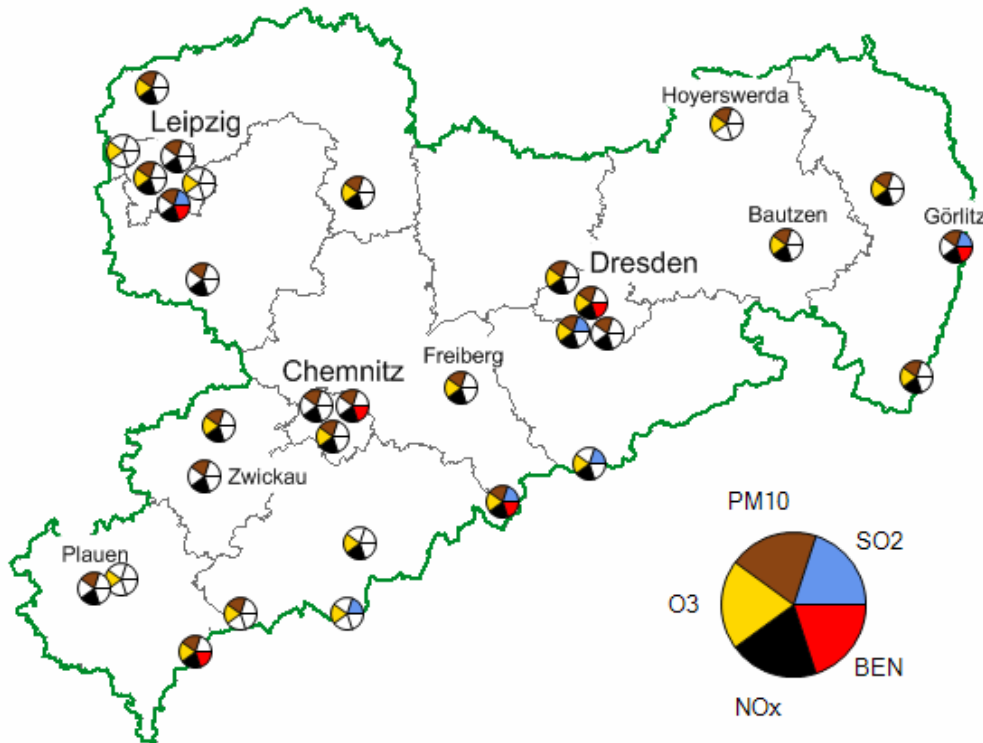


Landesamt:

Betriebsgesellschaft:

Messkonzept, Auswertung, Beurteilung

Durchführung der Messungen



- 30 Messstationen
- ~50 Parameter (Schadstoffe, Meteorologie)

Sondermessung der Partikelanzahlverteilung



- 1x TDMPs seit 9 Jahren
- Projekte mit IfT
- Entwicklung UFP-Monitor

Sondermessung Partikelanzahl- Größenverteilung

- **kontinuierliche Messung/Überwachung**
- **Mobilitätsspektrometer 3 nm – 800 nm**
- **Start im Projekt mit IfT 2000/2001**

Partikelgrößenklassen im
sächsischen Luftmessnetz:

N1	3 – 10 nm
N2	10 - 20 nm
N3	20 – 30 nm
N4	30 - 50 nm
N5	50 - 70 nm
N6	70 - 100 nm
N7	100 - 200 nm
N8	200 - 800 nm



IfT = Leibniz Institut für
Troposphärenforschung
(Leipzig)

Verkehrsnaher Messstation „Dresden-Nord“

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010



Messort:

- 50 m von Kreuzung (50.000 Kfz/d, 5 % SV)
- 5 m von wenig befahrener Straße

9 - Jahresmittel: (2002-2009)

NO ₂	45 µg/m ³
PM ₁₀	33 µg/m ³
PM _{2.5}	20 µg/m ³

Im PM₁₀:

Ruß (EC)	4,1 µg/m ³
BaP	0,8 ng/m ³

Partikelanzahl
10-800nm: 18*10³ cm⁻³

Tagesmittelwerte für Partikelanzahlklassen

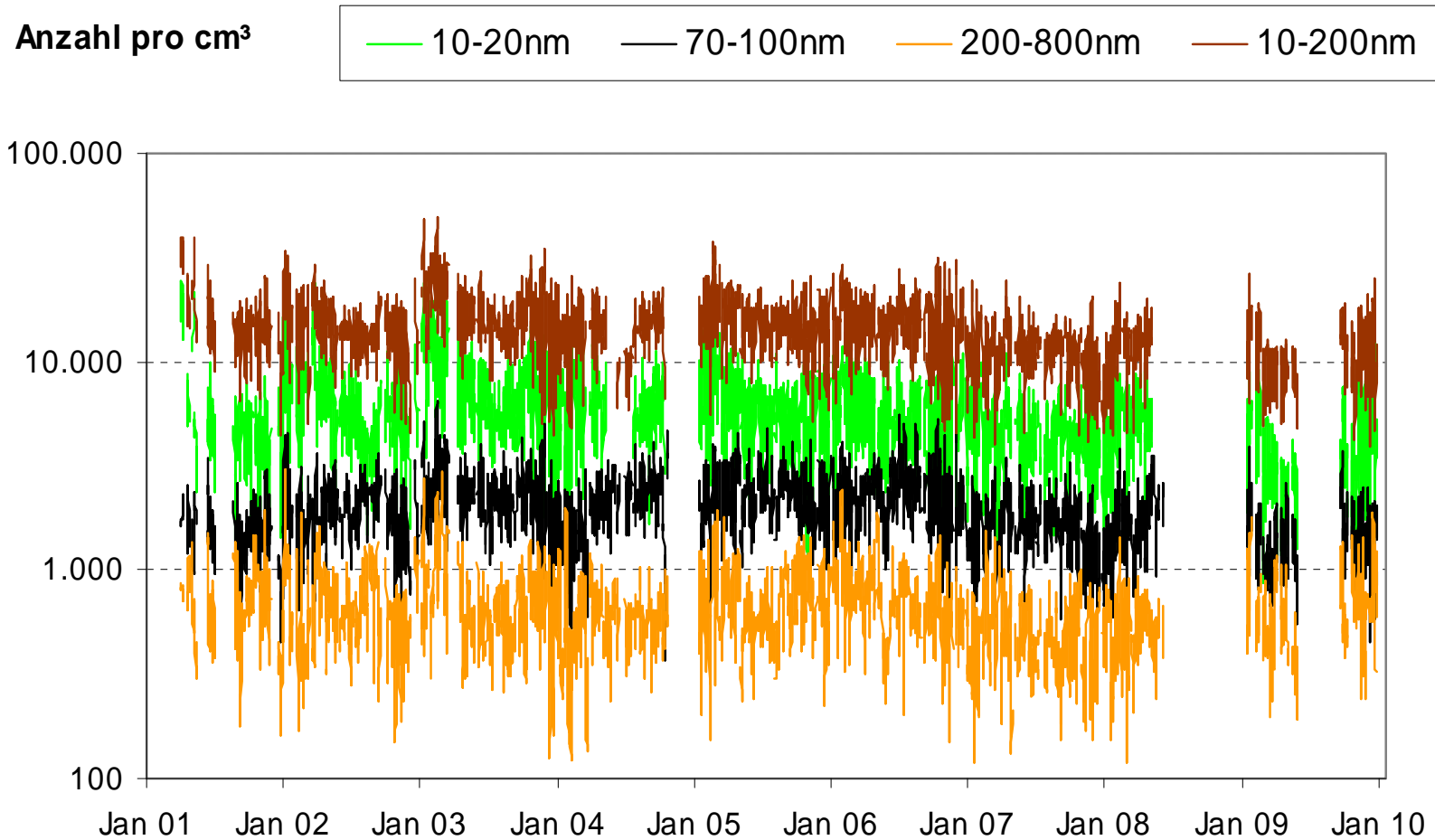
Verkehrsnaher Messstation Dresden-Nord

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

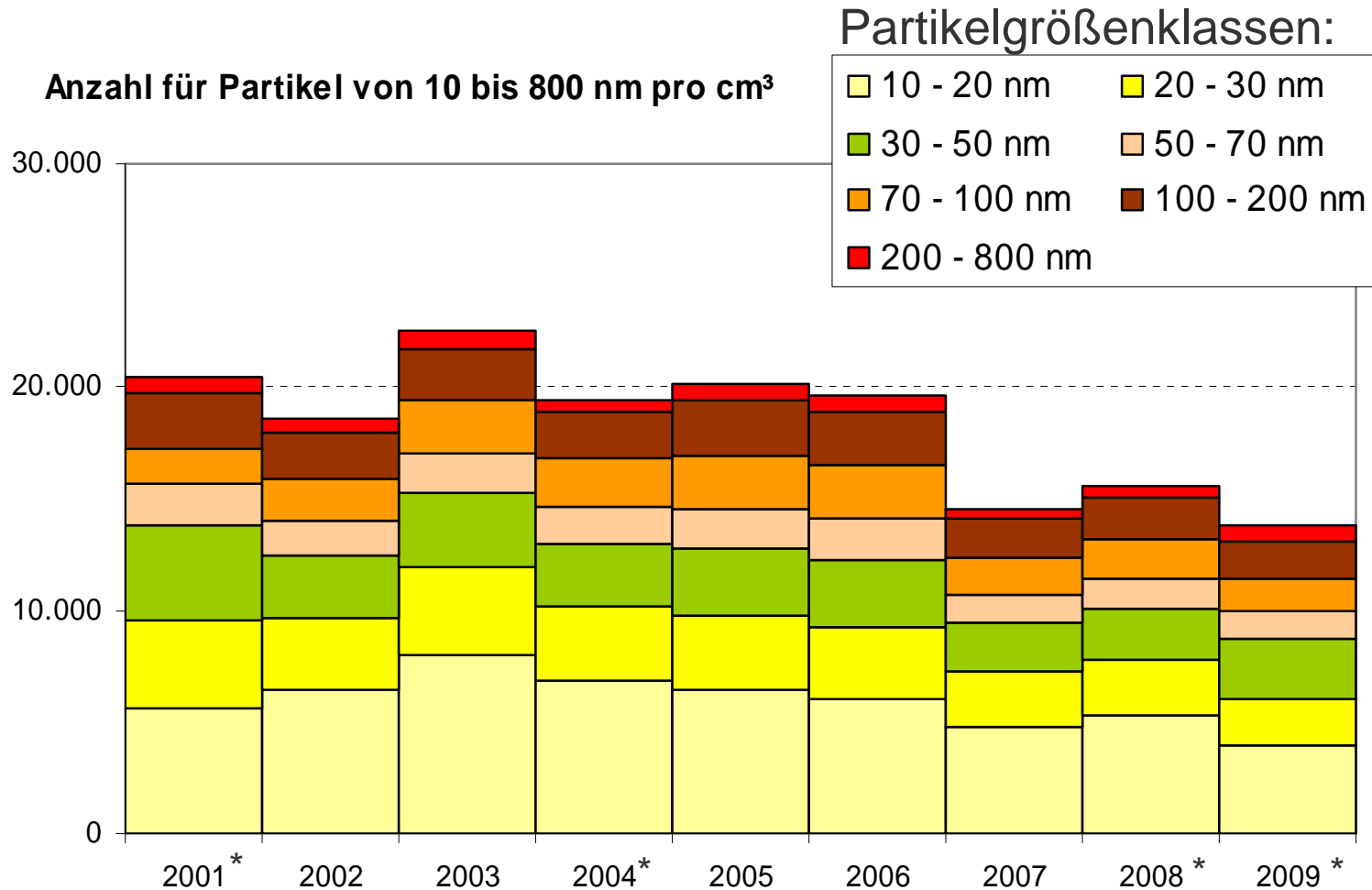


Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010



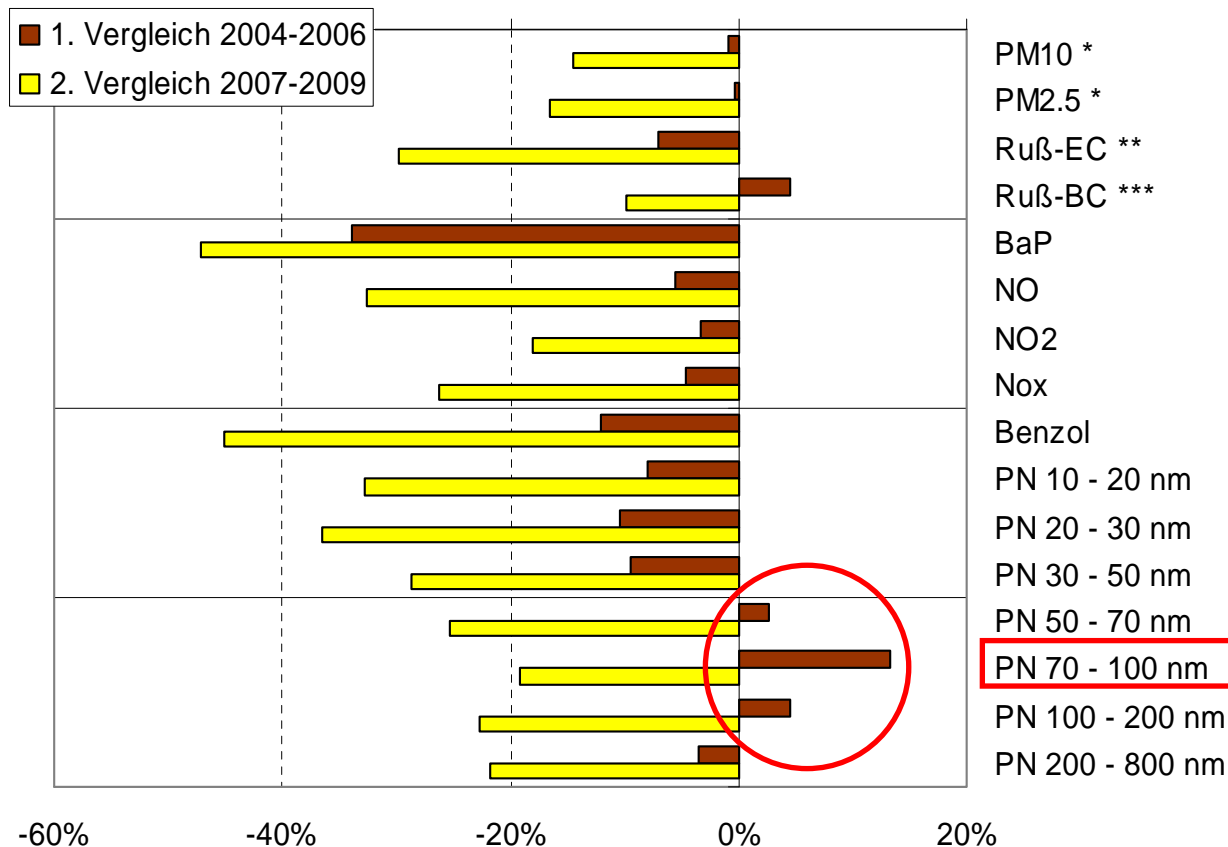
Jahresmittelwerte für die Partikelanzahl



Änderung der 3-Jahresmittelwerte

für Luftschadstoffe und Partikelanzahl

Änderung gegenüber dem Niveau von 2001 bis 2003 (Basis)



- **Anstieg PN 70 – 100 nm in 2004 - 2006**

→ primäre Partikelemission durch Bestandszunahme der Diesel-Kfz ohne Partikelfilter

- **Deutlicher Rückgang in 2007 - 2009**

→ PKW -6 % und LKW -10 %
→ Inbetriebnahme BAB A 17 (Stadumfahrung)

- * HV-Sammler und Laborgravimetrie
- ** Rußmessung nach VDI 2465 Blatt 1 (Coulometrie)
- *** Optische Rußmessung mit Aethalometer später mit MAAP mit PM10

Mittlere Partikelanzahl an typischen Orten in Sachsen

Messkampagne über 6 Monate (9/06-2/07)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



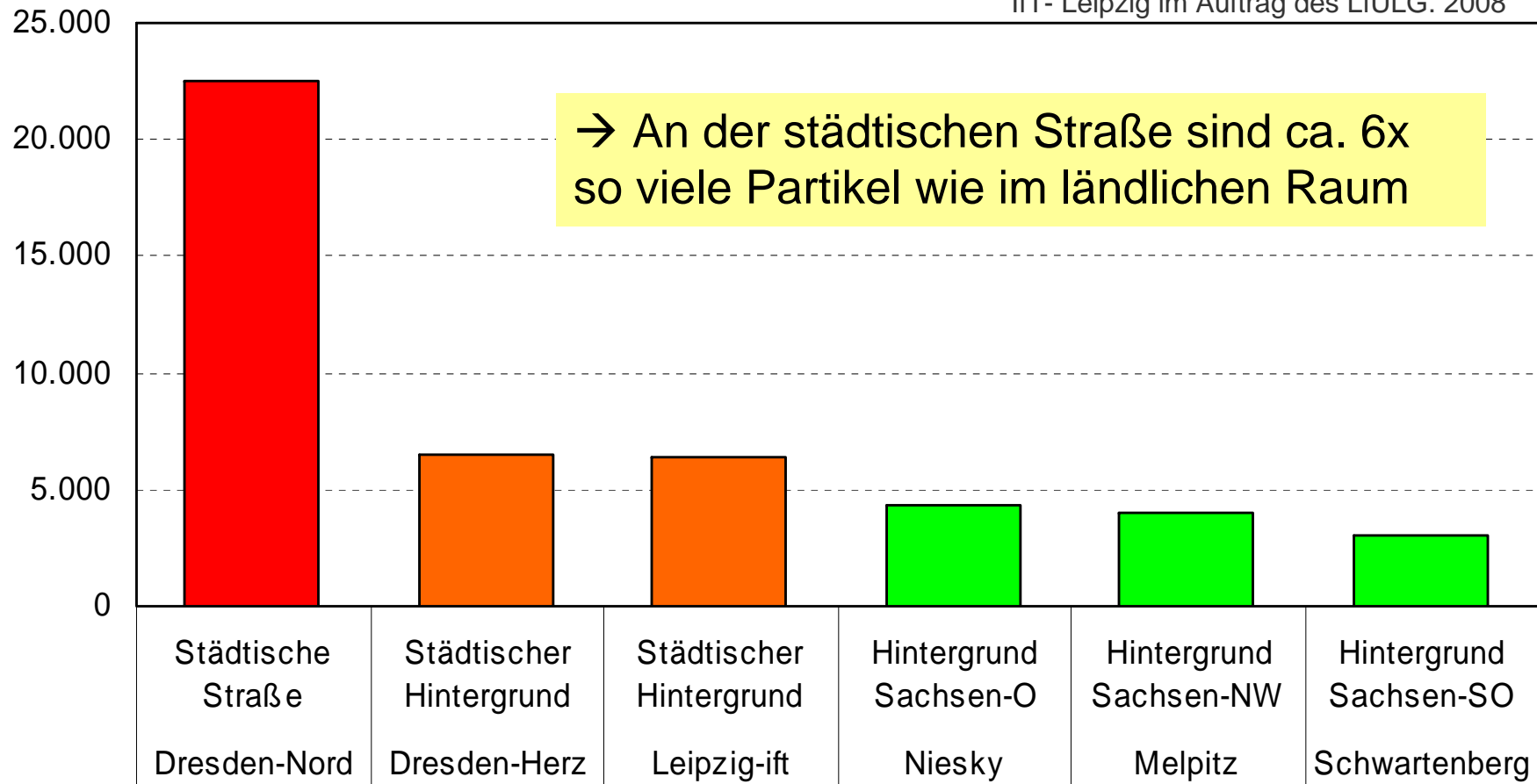
Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010



FuE-Projekt: Einfluss des Ferneintrages auf
die Feinstaubbelastung im Ballungsraum.
IfT- Leipzig im Auftrag des LfULG. 2008

Partikelanzahl in cm^{-3} 10-600 nm



Partikelanzahl – Größenverteilung

an typischen Orten in Sachsen

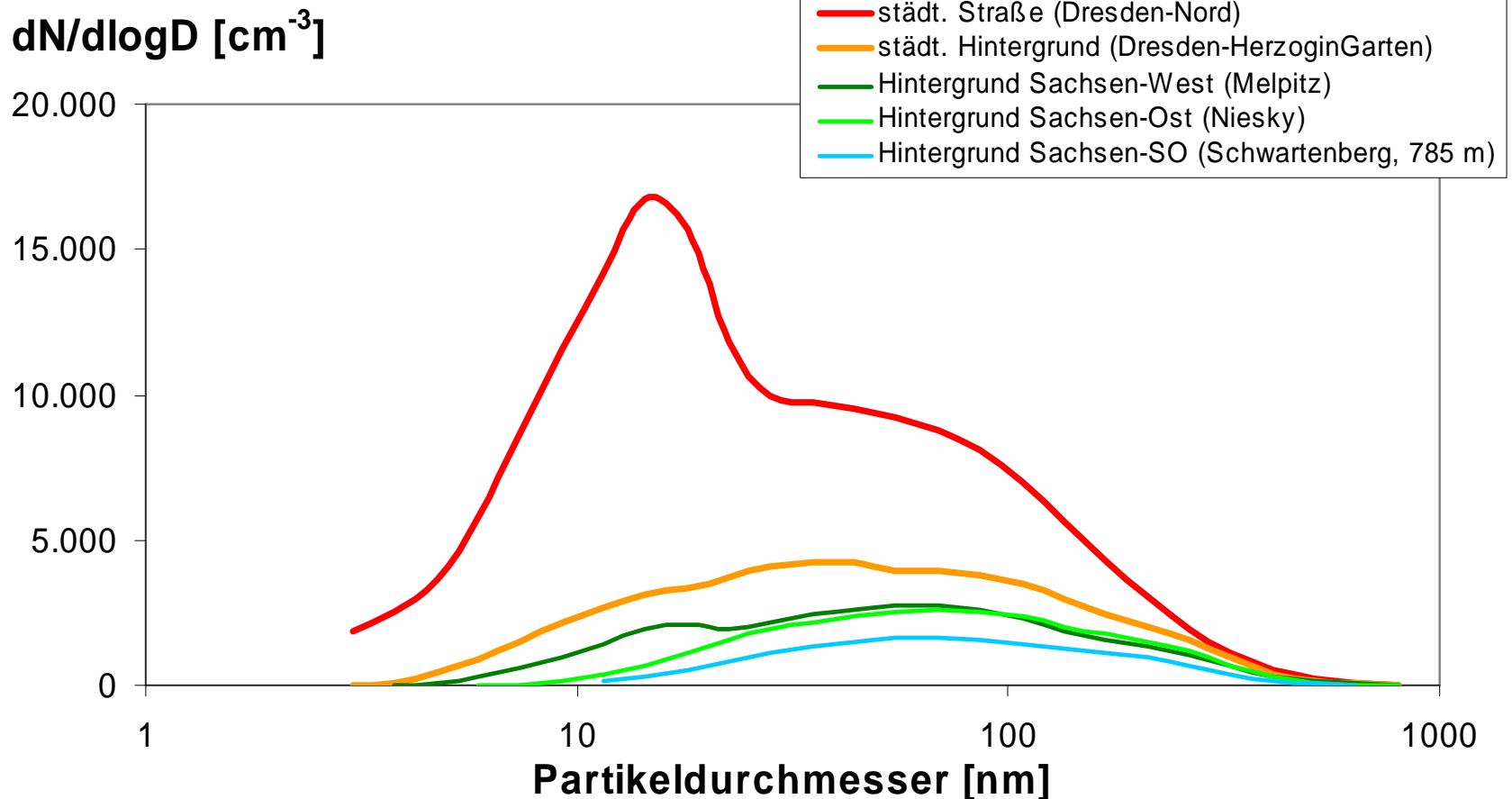
Messkampagne über 6 Monate (9/06-2/07)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010



Mittlerer Tagesgang der Partikelanzahl

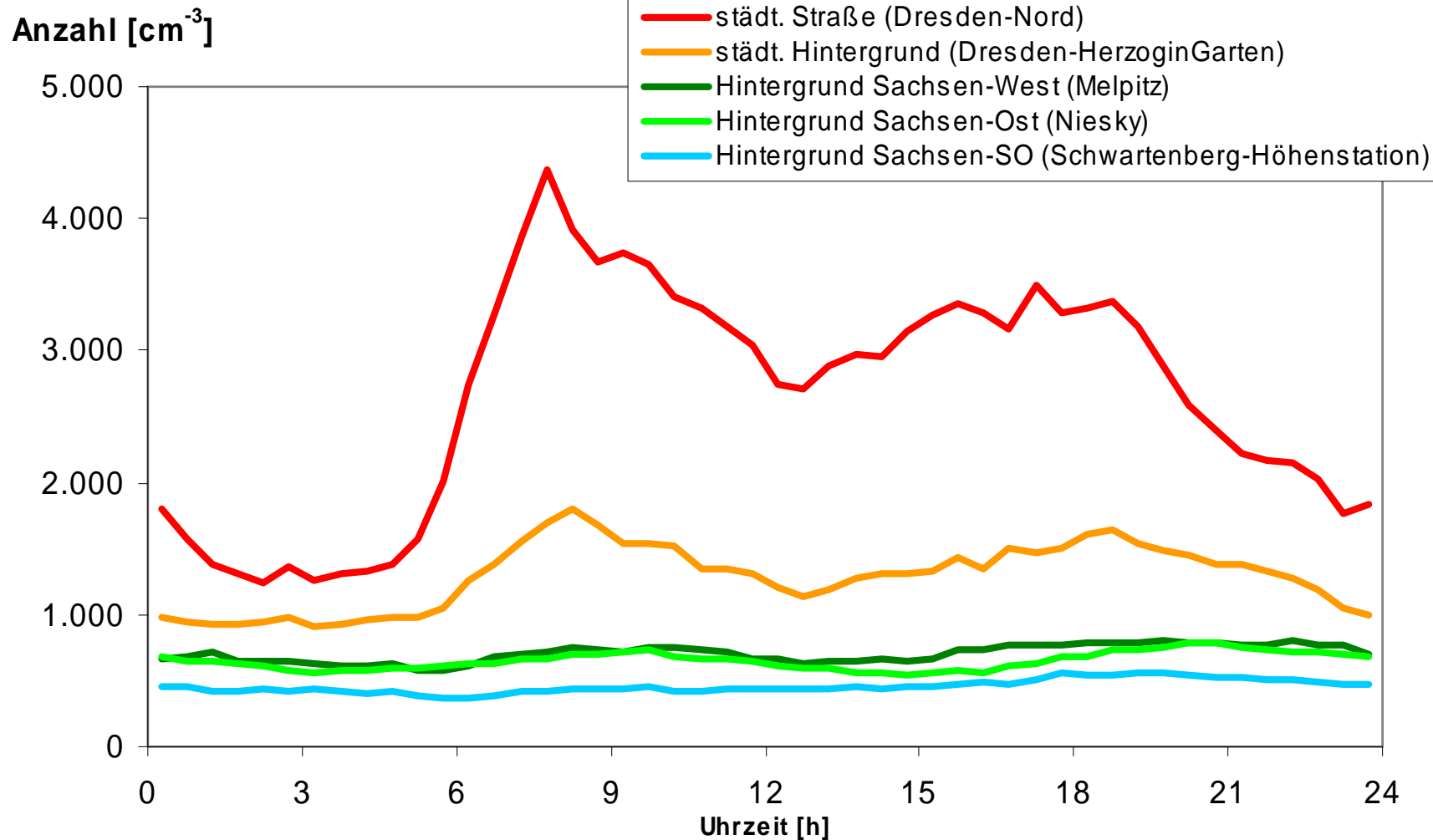
Größenklasse 30 – 60 nm
Messkampagne 9/06-2/07

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

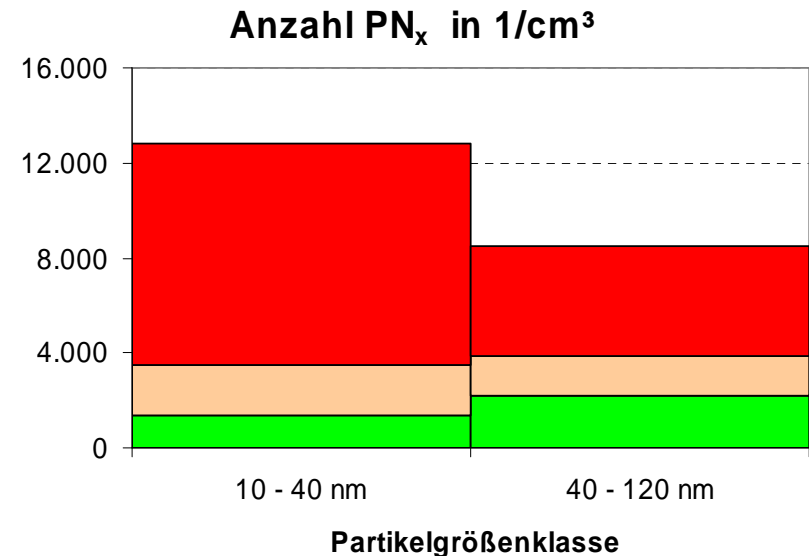
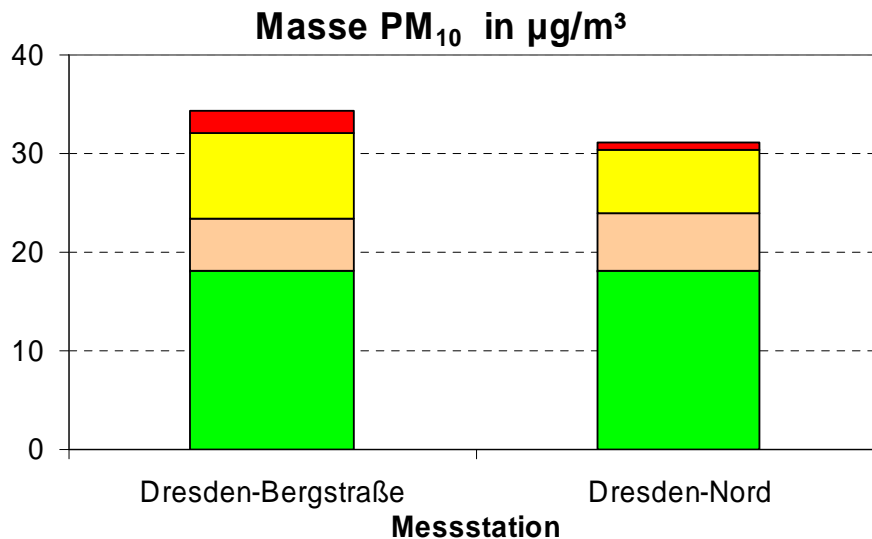
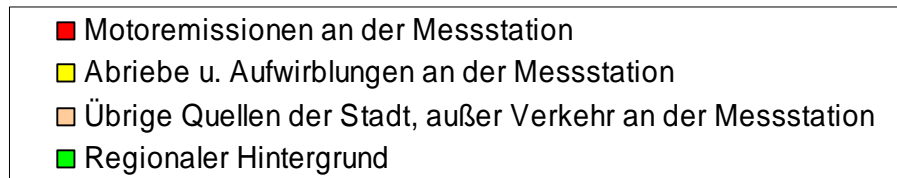


Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010



Schätzung der Verursacheranteile verkehrsnahe Orte



Auspuff: 2 – 7 % der Masse

55 – 73 % der Anzahl

Messung der Anzahl UFP ist 10 bis 20 x empfindlicher als PM₁₀

Erfolgsnachweis für Umweltzonen

Innovativer UFP- Monitor für Luftgütemessnetze

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010



EU- Projekt UFIPOLNET (12/2004-03/2008)

- Leitung LfUG Dresden (Holger Gerwig)
- Ziele:
 - Langzeitüberwachung
 - Kostengünstig
 - Messnetzprotokoll (Fernwartung)
 - Wartungsarm (ohne Betriebsflüssigkeit und radioaktiver Quelle)

TOPAS 



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



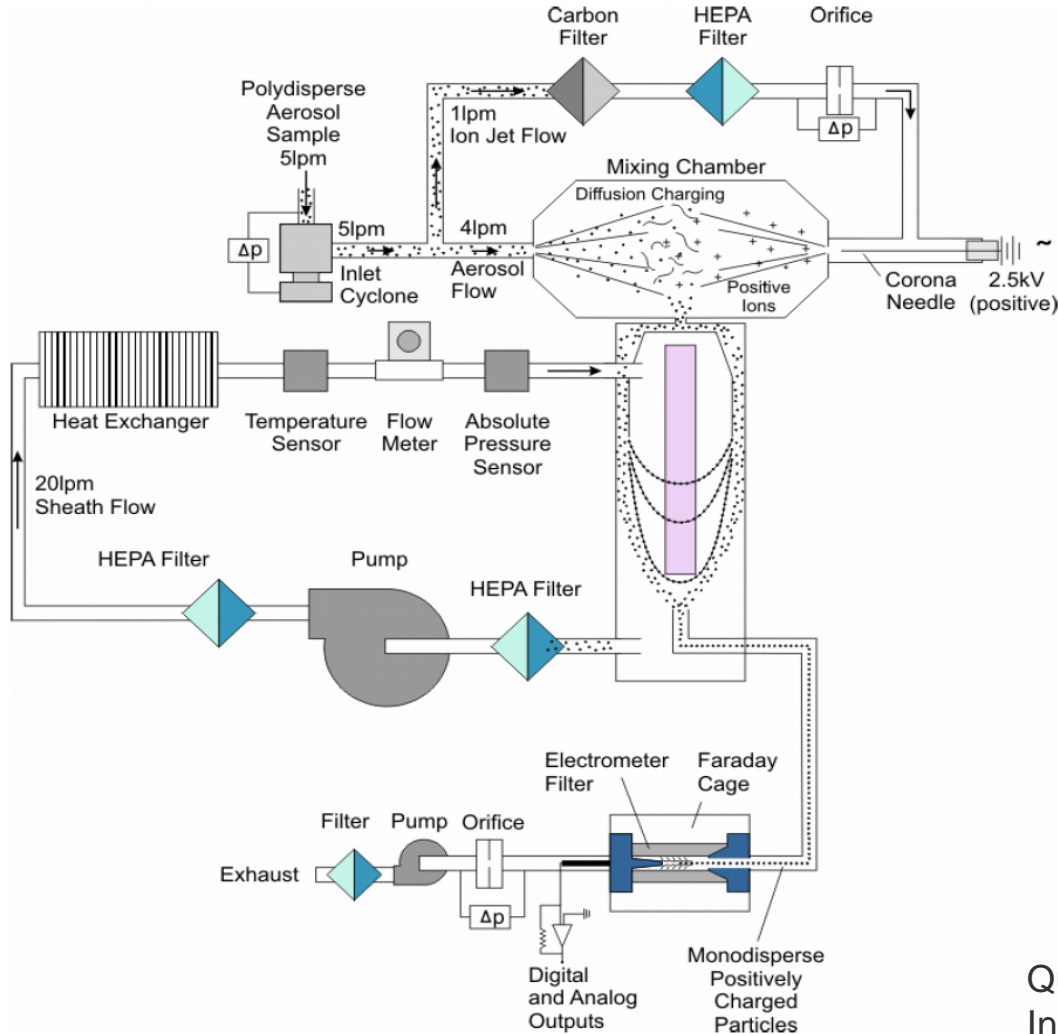
UFP330 (Prototyp), jetzt TSI 3031 jeweils
mit Probenahmesystem

**Problem: Kein Nachweis für
Langzeitstabilität**

→ Modifizierungen durch Hersteller

Foto: TSI

Flussplan UFP- Monitor



Jährliche Vergleichsmessung im Prüflabor WCCAP

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

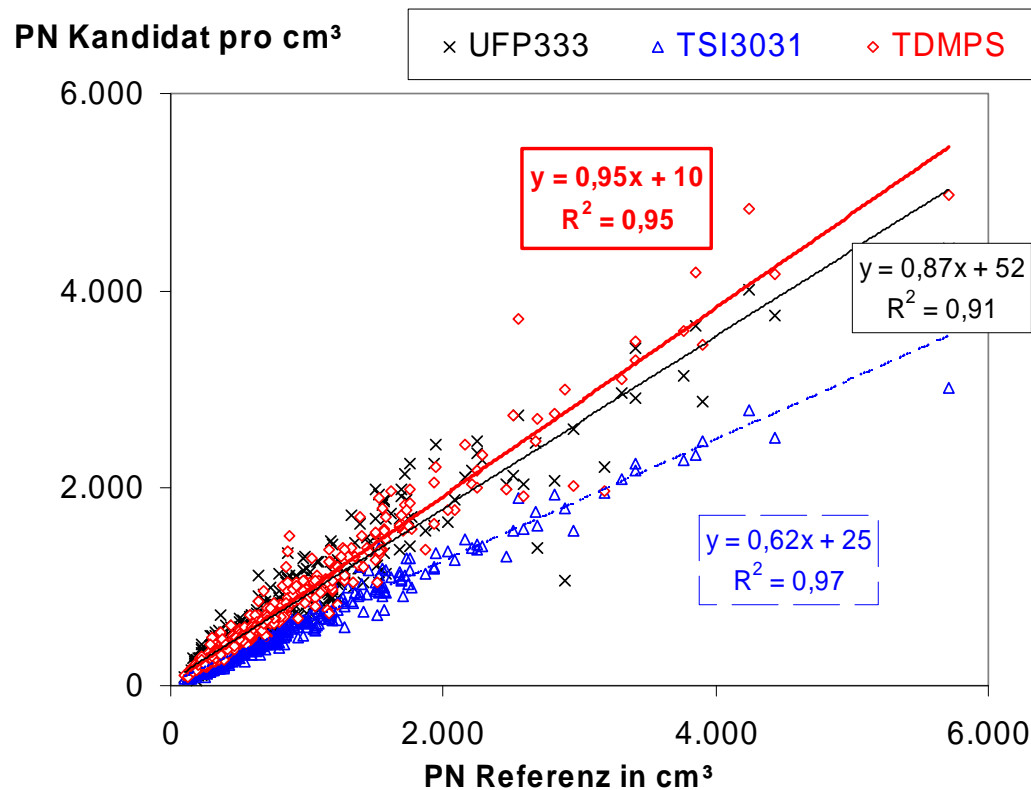


Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010



World Calibration Centre for Aerosol Physics des „Global Atmosphere Watch“
Programms der UNO/WMO“ am Leibniz-Institut für Troposphärenforschung.



Äquivalenzprüfung (Ansatzweise)

Kandidat:

TDMP5, UFP330,
TSI3031 jeweils mit
Probenahmesystem
aus dem Luftmessnetz

Referenz:

TDMP5 und SMPS
sowie 2 CPC vom IfT

Prüfergebnis für Größenklasse 30 – 50 nm,
Städtisches Hintergrund-Aerosol

Mobiler Aerosolstandard

zur Qualitätskontrolle in der Messstation

→ monatliche Prüfung (noch Testbetrieb)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010

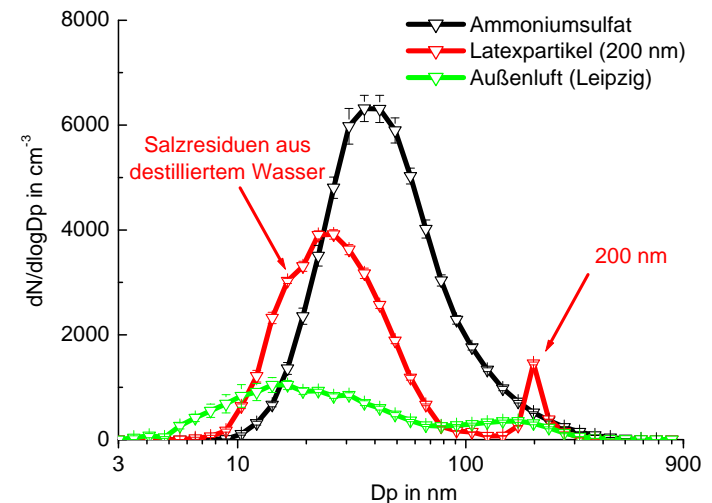


Foto: IfT

Entwickler: IfT Leipzig im
Auftrag des LfULG (2007-2010)

Gesamtpartikelzähler

Partikelgenerator



- Partikelgröße
- Partikelanzahlkonzentration

Mobiles Referenzmesssystem während einer Messkampagne an 5 Messorten (Round-Robin-Test)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Gunter Löschau, ETH Zürich,
Nanopartikel, 4. August 2010



Vergleichsmessung

- mobiles Referenz-SMPS
- Gesamtpartikelzähler (Kontrolle)
- 1 Woche an jeder Messstation

Messtechnische
Rückführung

Leipzig IfT
(WCCAP)

Melpitz

Schwarzen-
berg

Dresden-
Nord

Dresden-HG

Niesky

Quelle: Einfluss des Ferneintrages auf die
Feinstaubbelastung im Ballungsraum.
IfT-Leipzig im Auftrag des LfULG. 2008

Zusammenfassung (1)



- **Die Sondermessung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln (UFP) wurde in das sächsische Luftgütemessnetz integriert.**
 - verkehrsnaher Messstation in Dresden mit Mobilitätspektrometer TDMPs seit 2002 (Langzeitmessung)
 - Ziel: Dokumentation der Änderung der Immission durch veränderte Auspuffemissionen der Kfz
 - Vergleiche mit gesetzlich vorgeschriebenen Überwachungsgrößen

- **Ergänzend wurden typische Orte in Sachsen untersucht**
 - An der städtischen Straße ist Partikelanzahl 6 x größer als im sächsischen Hintergrund
 - Vorbeifahrender Verkehr verursacht mehr als die Hälfte der Anzahl der Partikel kleiner 120 nm



I Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle

- I Jährliche Vergleichsmessung im Labor (WCCAP); Prüfung in Messstation mit mobilem Aerosolstandard (monatlich geplant) und mobilem Referenzmesssystem (aller 3 Monate)
- I QK noch nicht durchgängig möglich. Keine tägliche Funktionskontrolle → Forschungsbedarf!

I Umweltzonen (UZ) in Sachsen

- I UZ werden einen kleinen, aber sehr gesundheitsrelevanten Anteil im Feinstaub reduzieren und zur Verbesserung der Gesundheit der Bewohner in den Ballungsräumen beitragen.
- I Der Erfolgsnachweis der Reduzierung der Auspuffemissionen wird in Sachsen u.a. über die Messung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln geführt, da der Messeffekt etwa 10 bis 20 x größer als für PM_{10} ist.