

# Beitrag verkehrsbezogener und nicht fossiler Rußemissionen zur PM<sub>10</sub>-Feinstaubbelastung an zwei Standorten in NRW



UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*M. Küpper<sup>1</sup>, S. Leinert<sup>2</sup>, U. Quass<sup>1</sup>,  
K. Doktor<sup>2</sup>, A. John<sup>1</sup>, L. Breuer<sup>2</sup>,  
D. Gladtko<sup>2</sup> und T.A.J. Kuhlbusch<sup>1</sup>*

Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



<sup>1</sup> Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg

<sup>2</sup> Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Essen

**Kolloquium Luftqualität an Straßen 2015**  
***Bergisch Gladbach***

# Bedeutung von Ruß im Feinstaub

- Beeinträchtigung der Gesundheit
  - Kann zur Abschätzung der Beiträge aus Verbrennungsprozessen zum Feinstaub (PM) herangezogen werden
    - Seit Einführung der Umweltzonen ist Verkehrsanteil gesunken
    - Einsatz von Holz als Energieträger zum Heizen nimmt zu
- Biomasseverbrennung kann im Ruhrgebiet deutlich zur Überschreitungshäufigkeit des Tagesgrenzwerts für PM<sub>10</sub> beitragen (Pfeffer et al., 2013)

# Ziele des Projekts

- Quantifizierung des fossilen Anteils sowie des Beitrags der Biomasseverbrennung am BC und PM<sub>10</sub>

- Evaluierung der Handhabbarkeit der BC-Monitore

- Bestimmung von

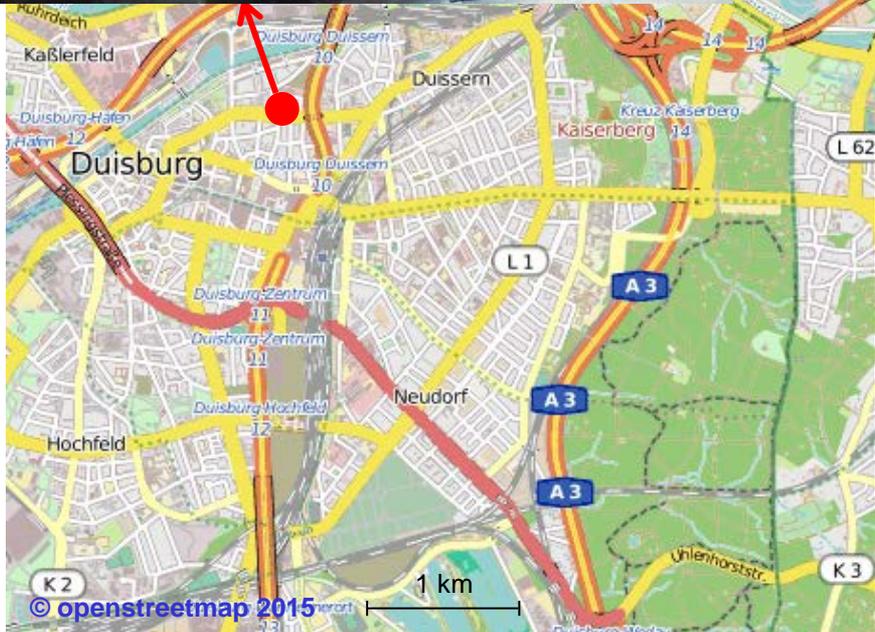
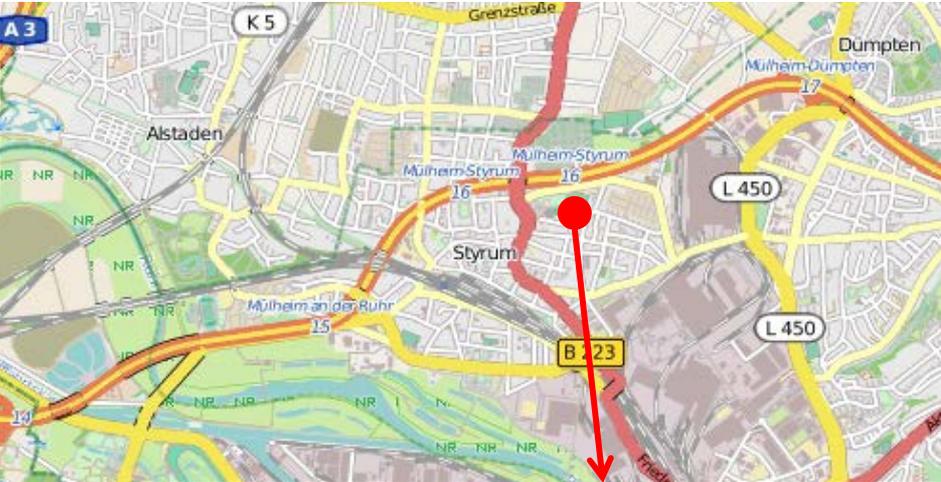
Black Carbon (BC):  
Optische Messung  
bei 7 Wellenlängen

Elementarer und organischer  
Kohlenstoff (EC und OC):  
Thermo-optische Messung

Levoglucosan:  
Ionenchroma-  
tographie



**Verkehrsstation**



**Städtische  
Hintergrundstation**



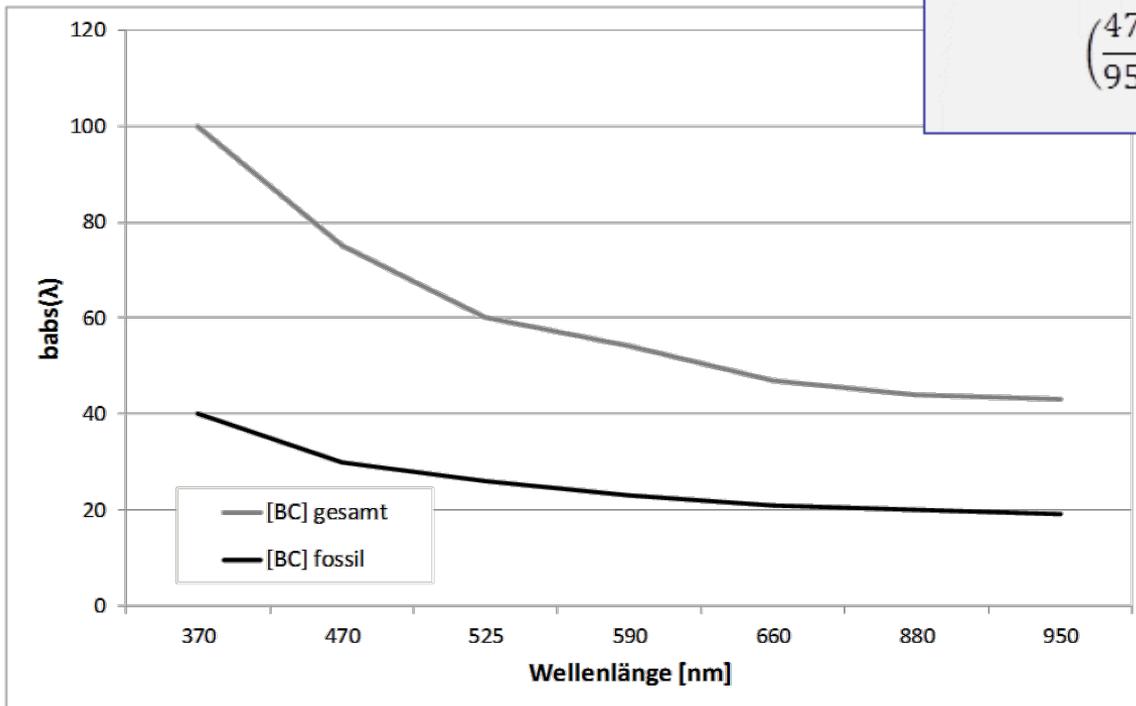
$$b_{abs}(470nm) = b_{abs}(470nm)_{WB} + b_{abs}(470nm)_{FF}$$

$$b_{abs}(950nm) = b_{abs}(950nm)_{WB} + b_{abs}(950nm)_{FF}$$

$$\left(\frac{470}{950}\right)^{-\alpha_{WB}} = \frac{b_{abs}(470nm)_{WB}}{b_{abs}(950nm)_{WB}}$$

$$\left(\frac{470}{950}\right)^{-\alpha_{FF}} = \frac{b_{abs}(470nm)_{FF}}{b_{abs}(950nm)_{FF}}$$

Sandradewi et al. (2008)



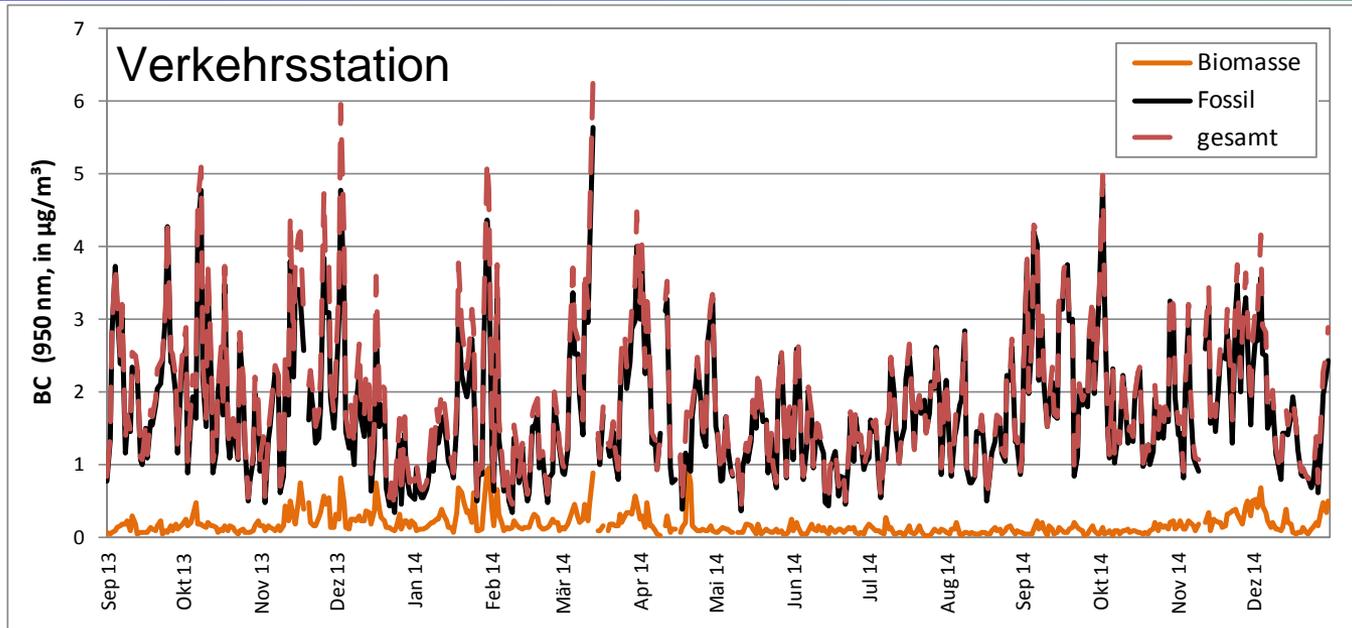
Ångströmxponenten  
(Harrison et al., 2013):

$$\alpha_{\text{Fossil}} = 0,8 - 1,1 \rightarrow 1$$

$$\alpha_{\text{Biomasse}} = 0,9 - 2,2 \rightarrow 2$$

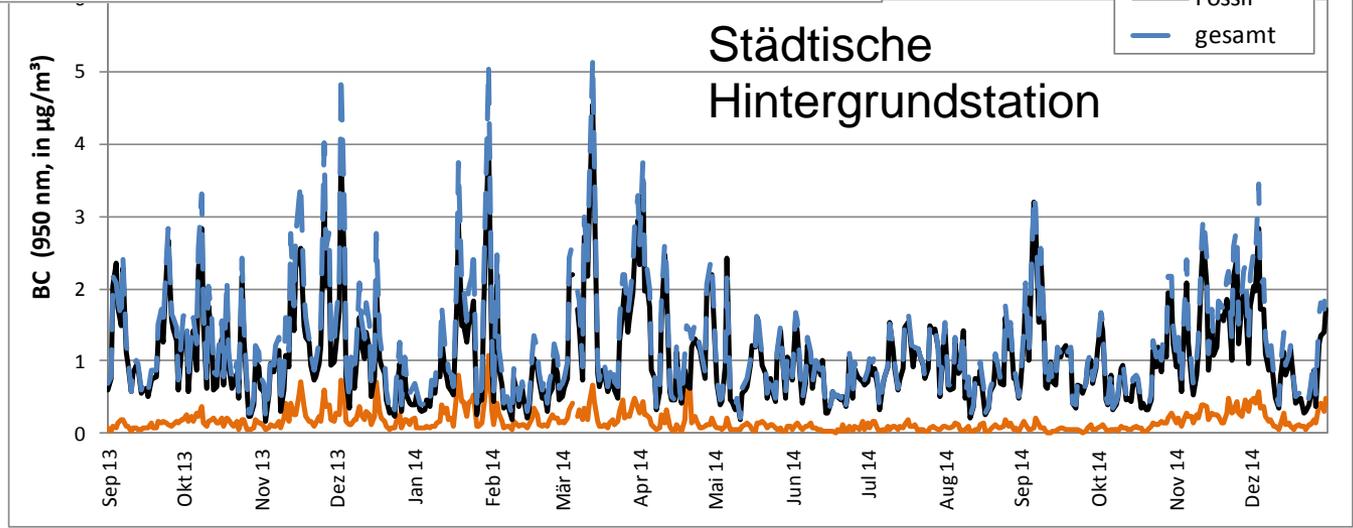
# Welche Zyklen lassen sich beobachten?

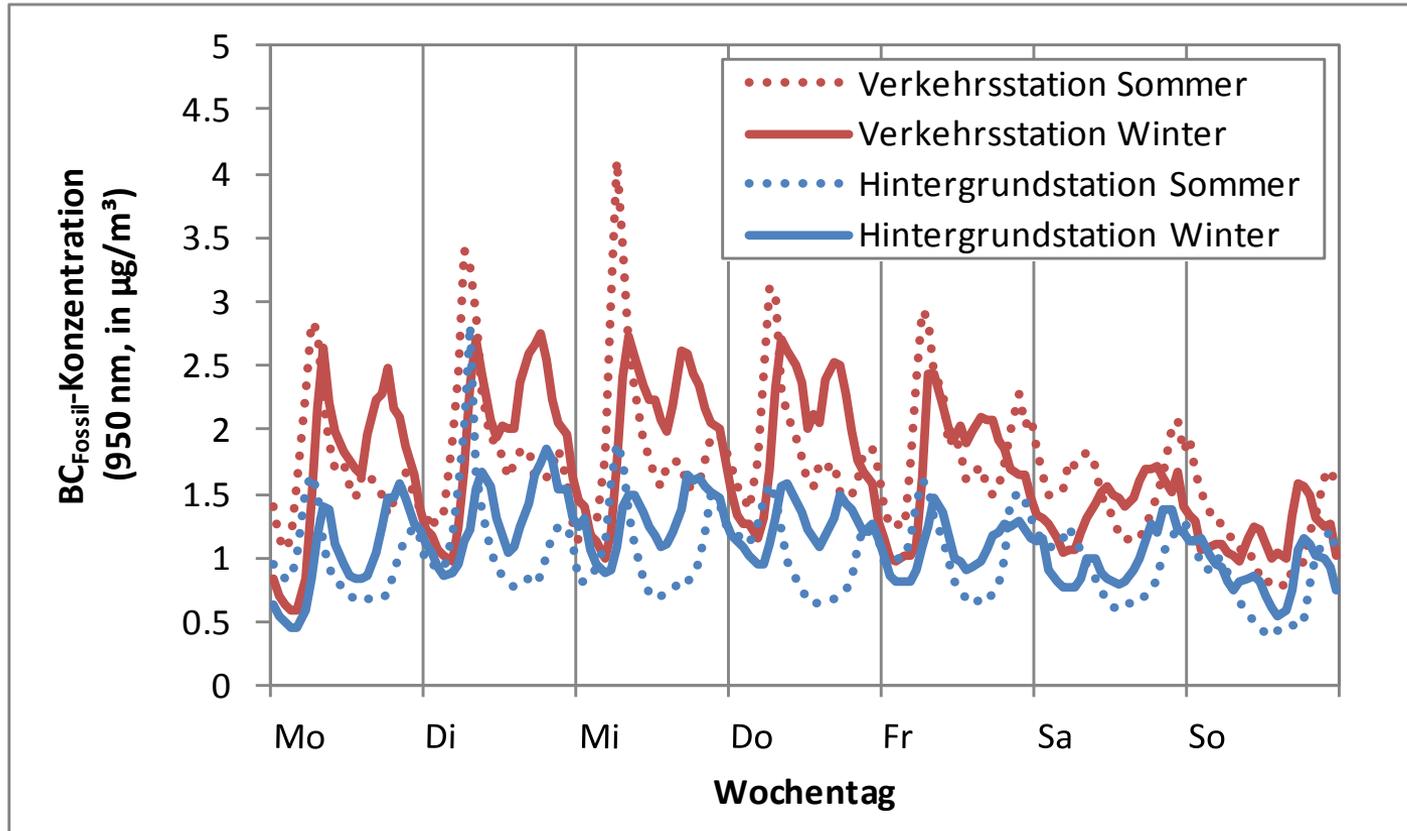
# BC-Quelldiskriminierung - Gesamtübersicht

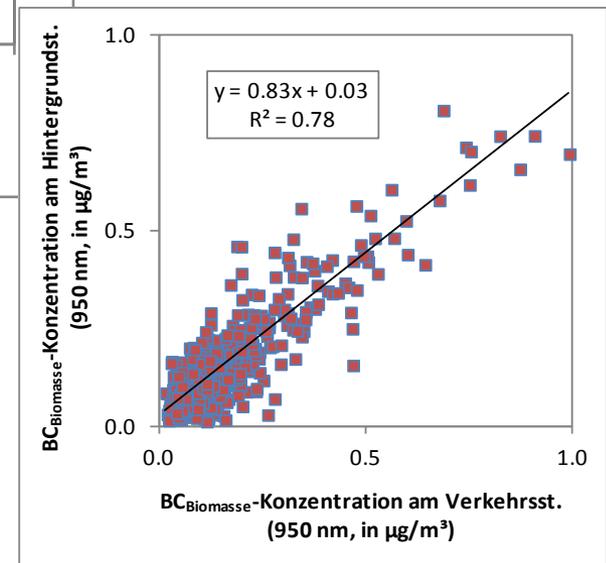
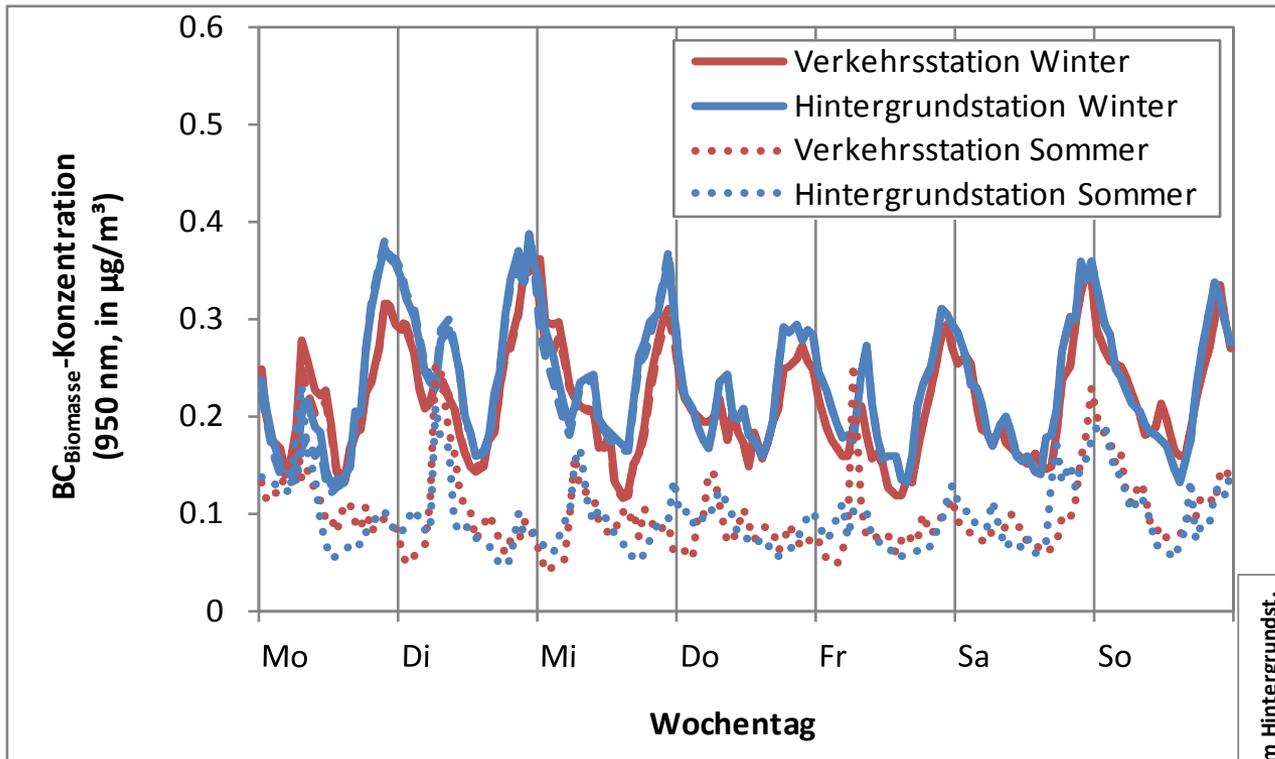


Zeitraum:  
 September 2013 –  
 Ende Dezember 2014

Tagesmittelwerte  
 (n = 500)

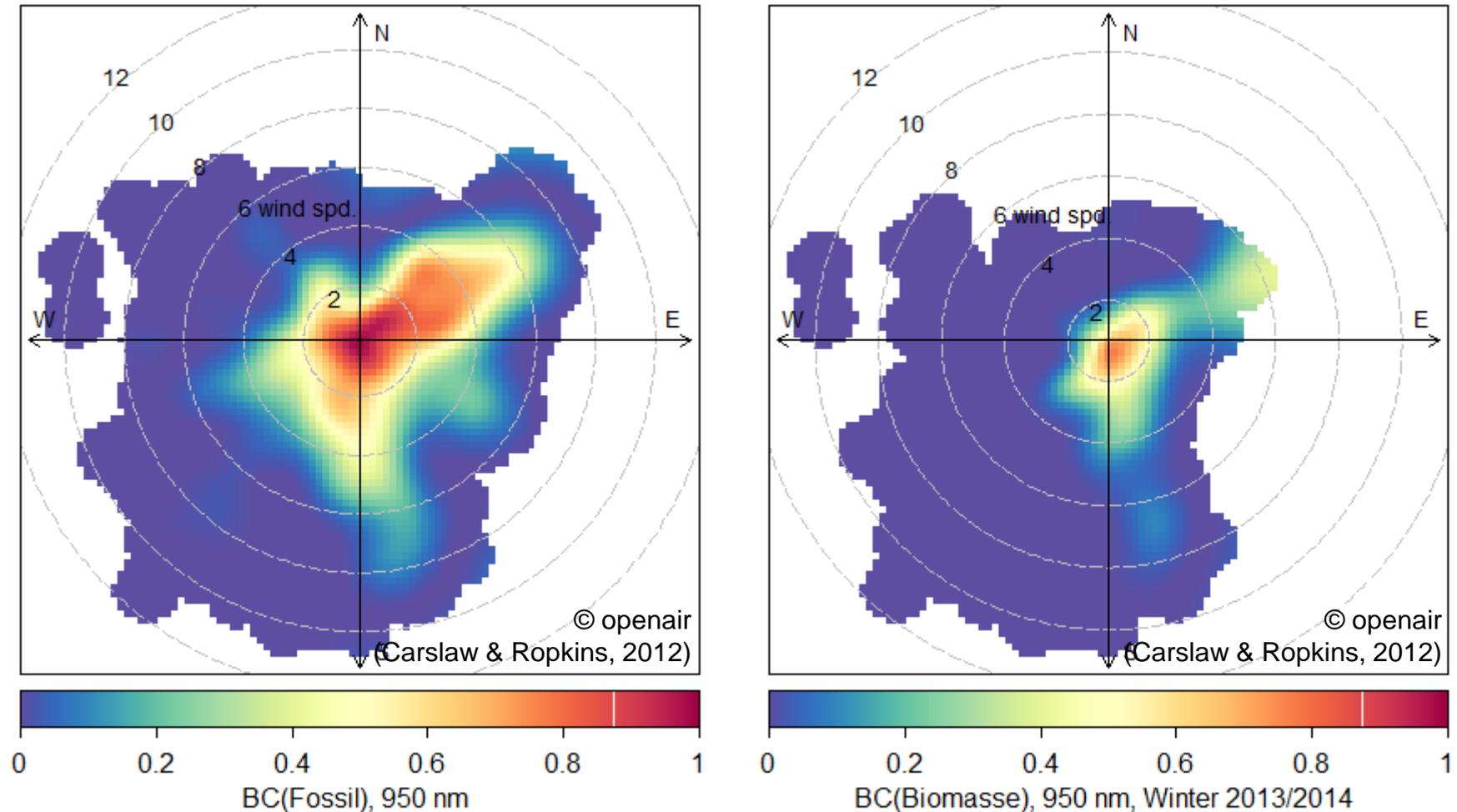






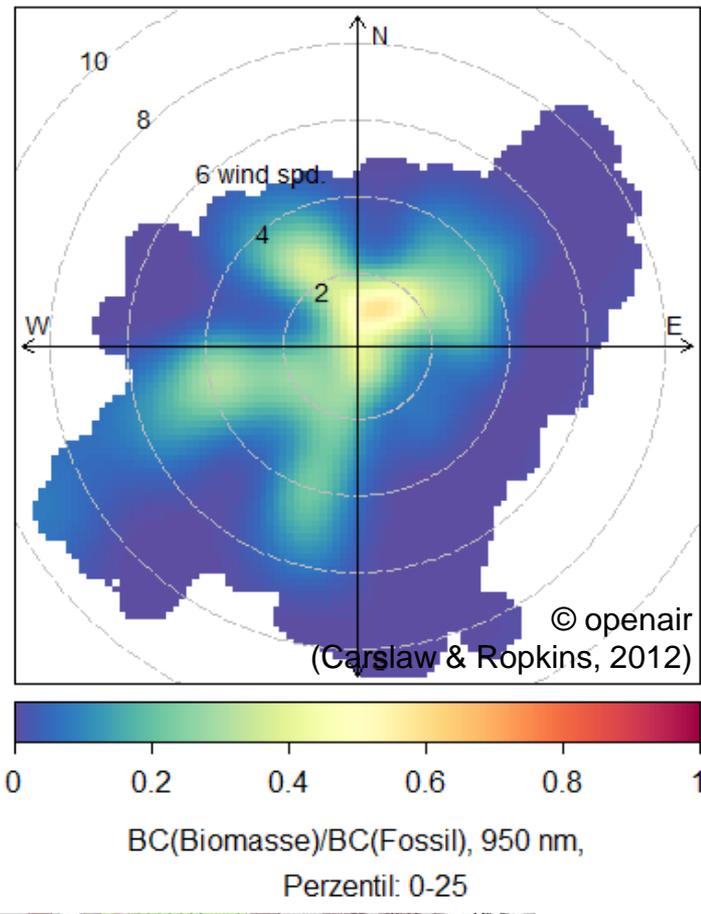
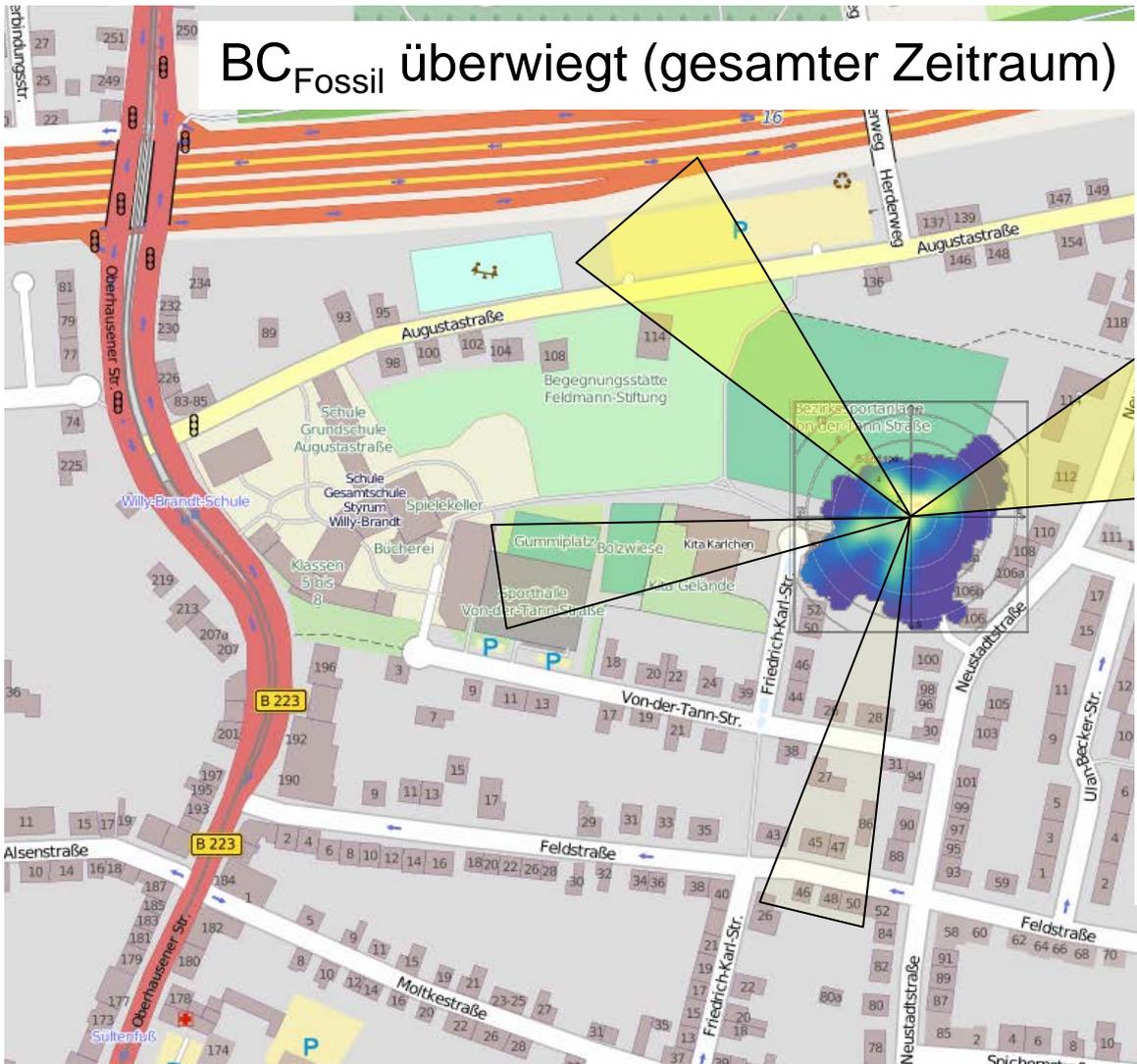
ähnliche Winter-Tagesgänge wurden  
u. a. für Werkzeuge in London ermittelt  
(Fuller et al., 2014)

## Städtische Hintergrundstation



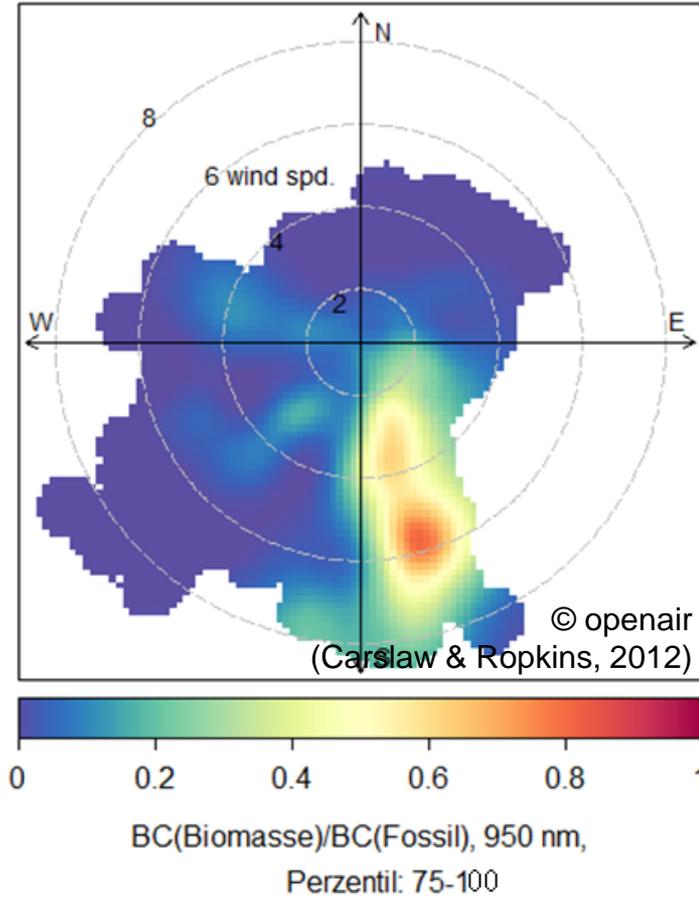
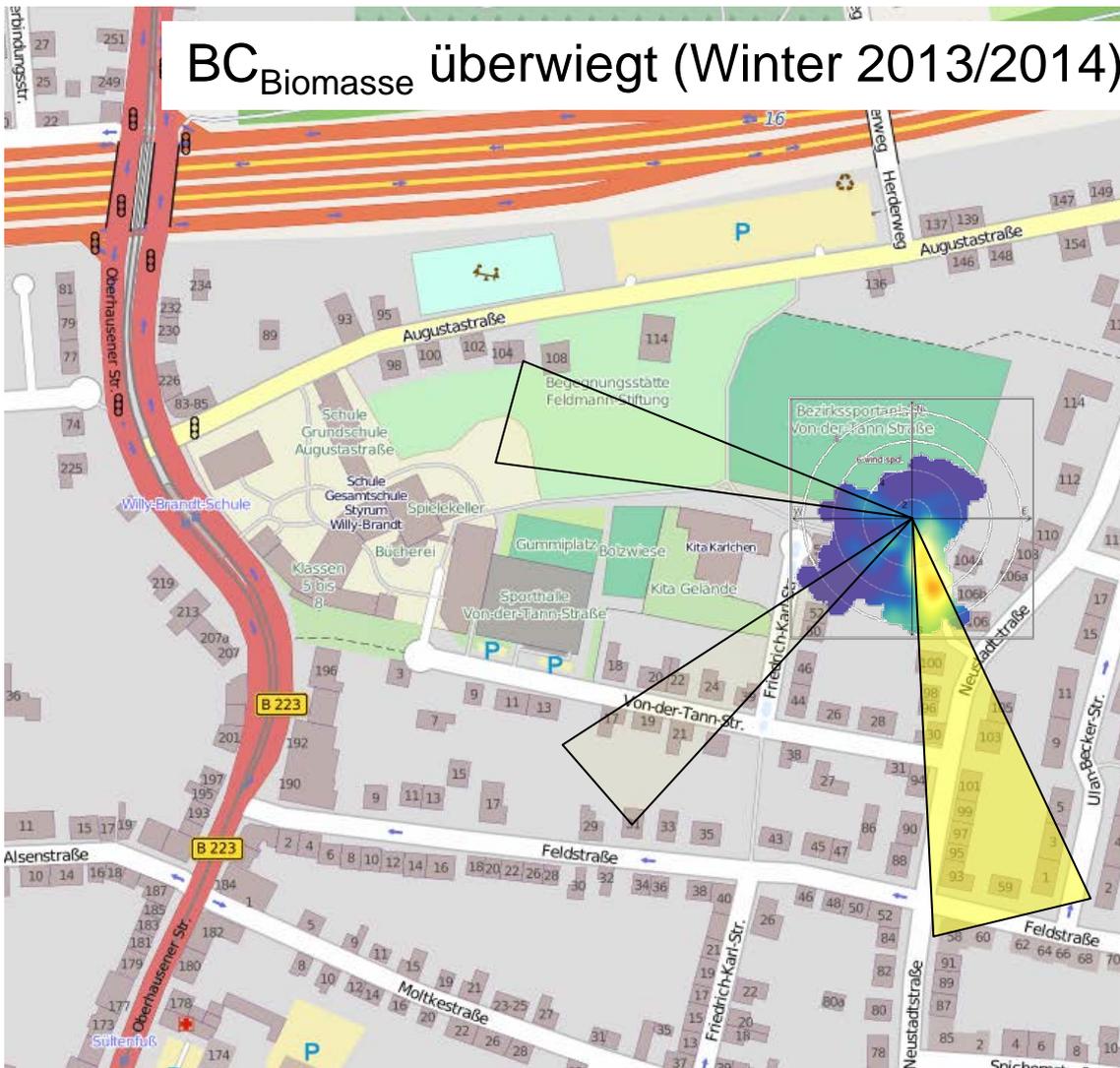
Wahrscheinlichkeiten (*Conditional Probability Function*), jeweils oberes Quartil

# BC-Quelldiskriminierung – Beiträge fossiler Brennstoffe



Wahrscheinlichkeiten (Conditional Probability Function)

# BC-Quelldiskriminierung – Biomasseverbrennungsbeiträge



Wahrscheinlichkeiten (Conditional Probability Function)

## Quelldiskriminierung 2. Schritt

- Abschätzung des gesamten CM:

$$CM = EC + 1,8 \times OC$$

Harrison et al. (2013)

- Quantifizierung der verschiedenen Quellbeiträge am CM

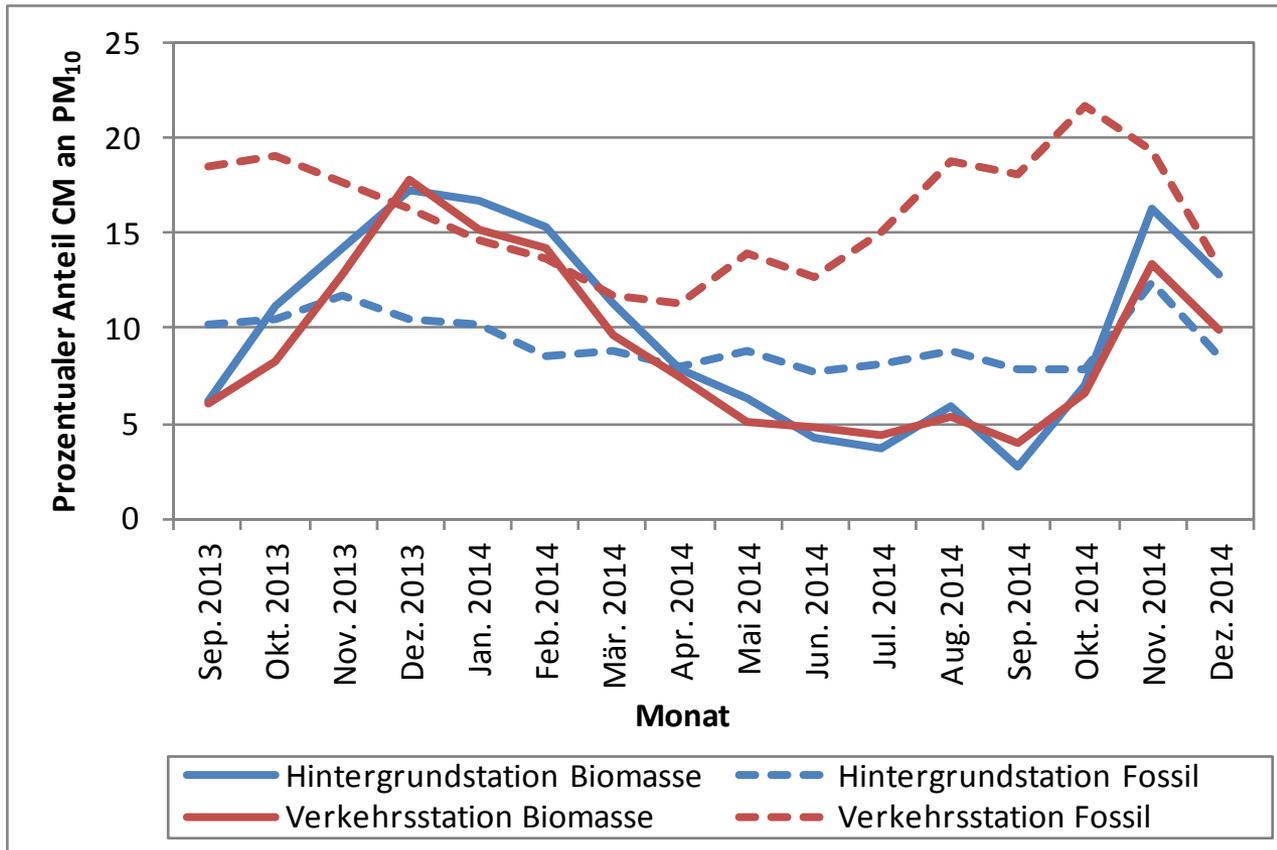
$$CM = C_1 \cdot b_{abs,FF}(950nm) + C_2 \cdot b_{abs,BB}(470nm) + C_3$$

Sandradewi et al. (2008a) und Herich et al. (2010)

Sandradewi et al. (2008) und Favez et al. (2009):  $C_1 = 260000 \mu\text{g}/(\text{Mm}^2)$

Favez et al. (2009, 2010), Sandrewi et al. (2008) und Sciare et al. (2011):  
 $C_2 = 490000 - 810000 \mu\text{g}/(\text{Mm}^2)$

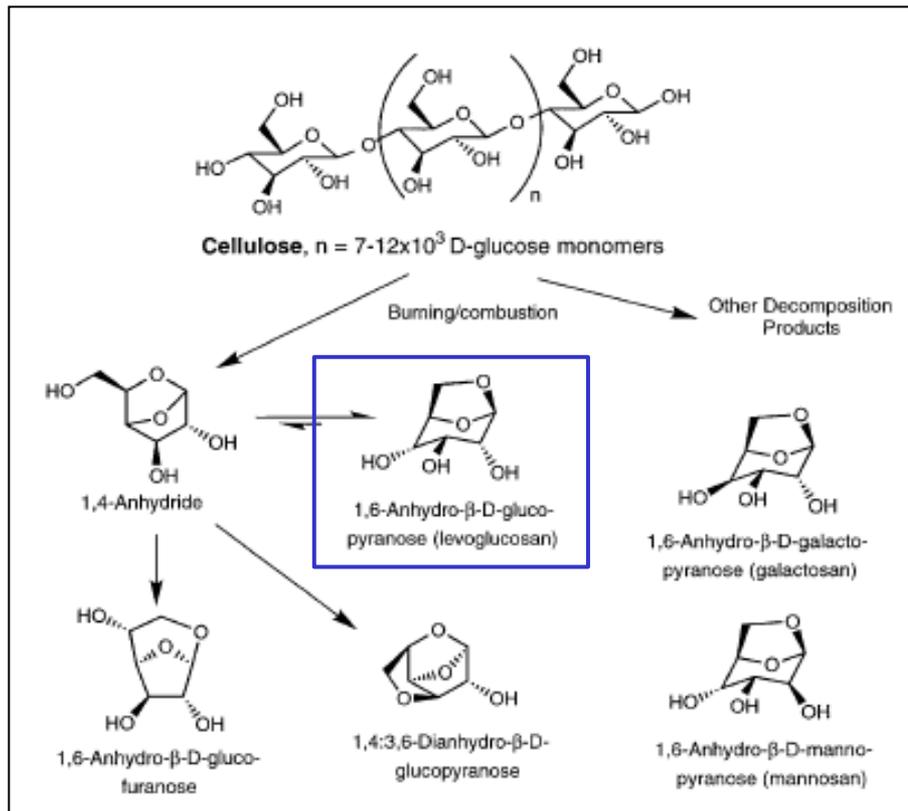
# Welche Zyklen lassen sich beobachten?



Anteile PM<sub>10,Biomasse</sub> im Winterhalbjahr:  
(Pfeffer et al., 2013): Ca. 11 % in NRW  
(Piazzalunga et al., 2011): Max. 15 % in Mailand

# Wie plausibel sind die Ergebnisse?

- Simoneit et al. 1999: Als Monotracer für Holzverbrennung eingeführt

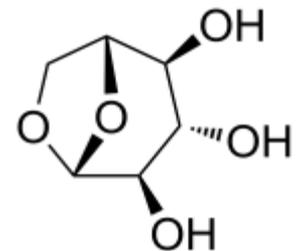


Simoneit et al. (2002)

- Analyse erfolgte von  $PM_{10}$ -Quarzfaserfiltern

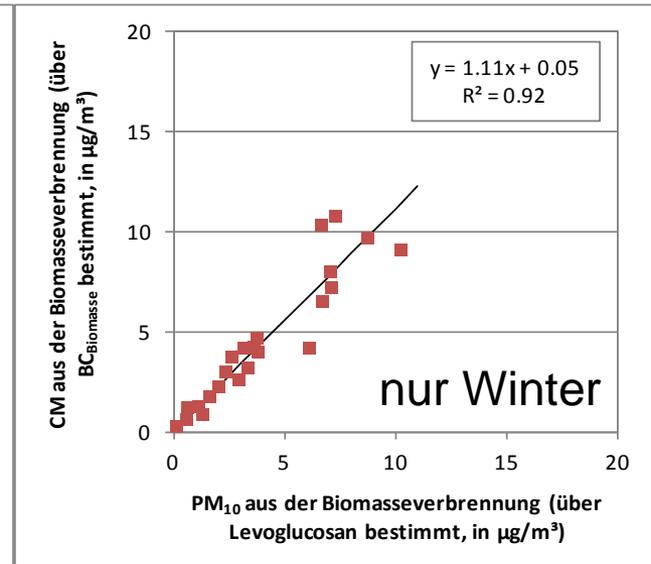
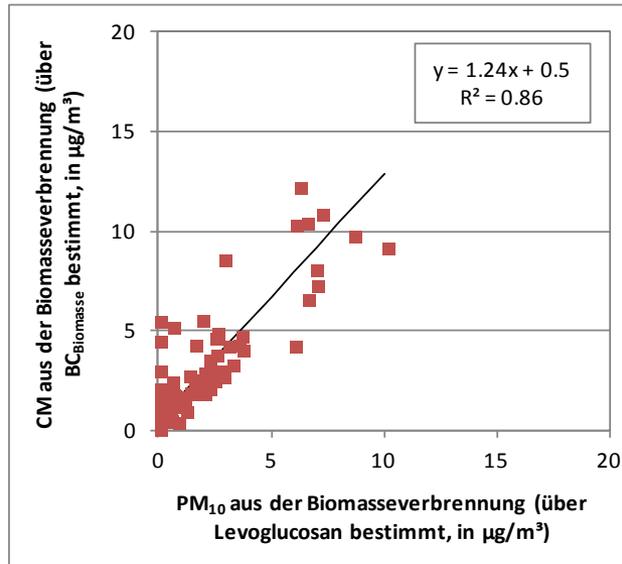
- Levoglucosan-Menge hängt ab von Verbrennungsbedingungen und Art der Biomasse (Laubhölzer, Nadelhölzer, ...)
- Stabilität in der Atmosphäre bedingt durch Reaktion mit •OH-Radikalen
- Zur Berechnung des kohlenstoffhaltigen Anteils aus Biomasseverbrennungsprozessen wird Faktor genutzt

$$PM_{\text{Biomasse}} = F \times \text{Levoglucosan}$$

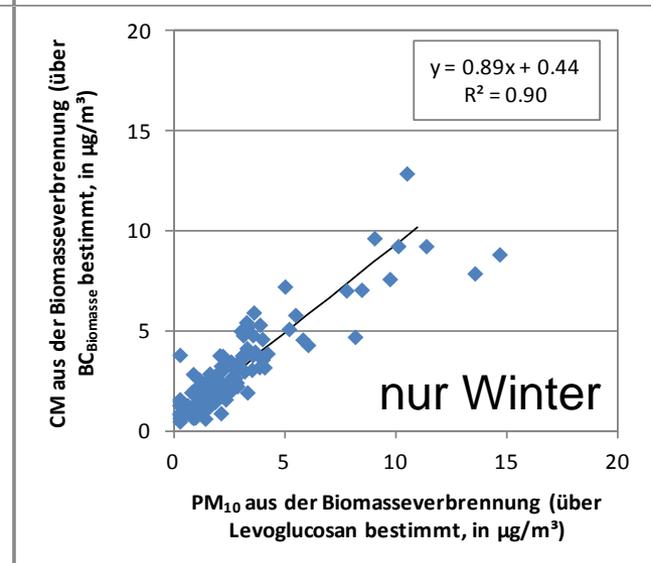
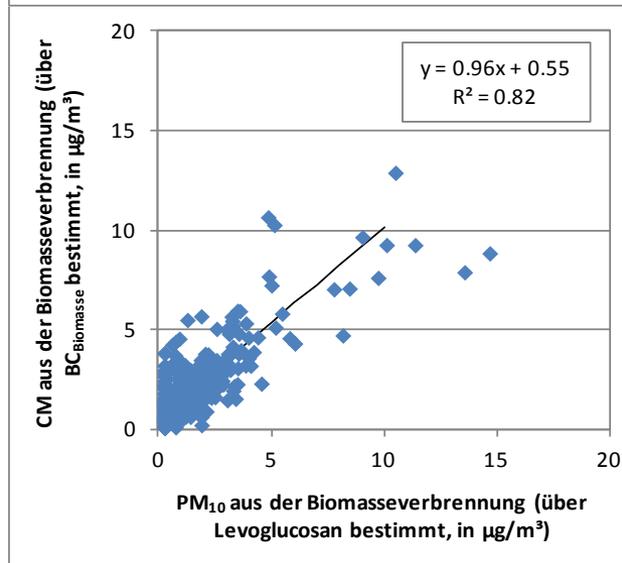


Maenhaut et al., 2012:	10.7 (Flandern)
Fuller et al., 2014	11 (London)
Pfeffer et al., 2013:	13 (Nordrhein-Westfalen)
Saarnio et al., 2012:	24 ± 9 (Finnland)

Verkehrsstation  
(n = 79)



Städtischer  
Hintergrund  
(n = 258)

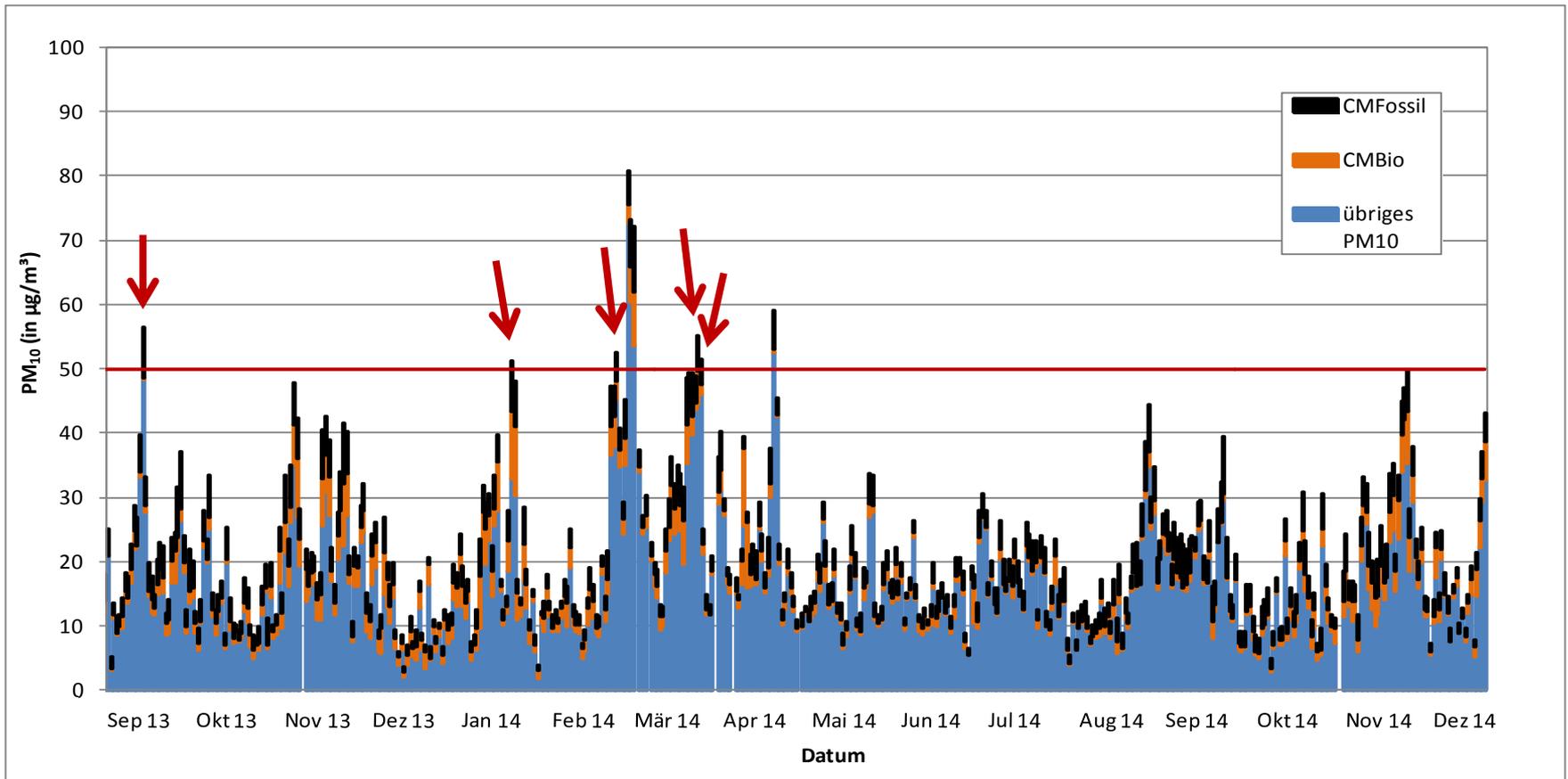


# **Welchen Beitrag leisten Biomasseverbrennung und Verkehr zu Überschreitungstagen?**

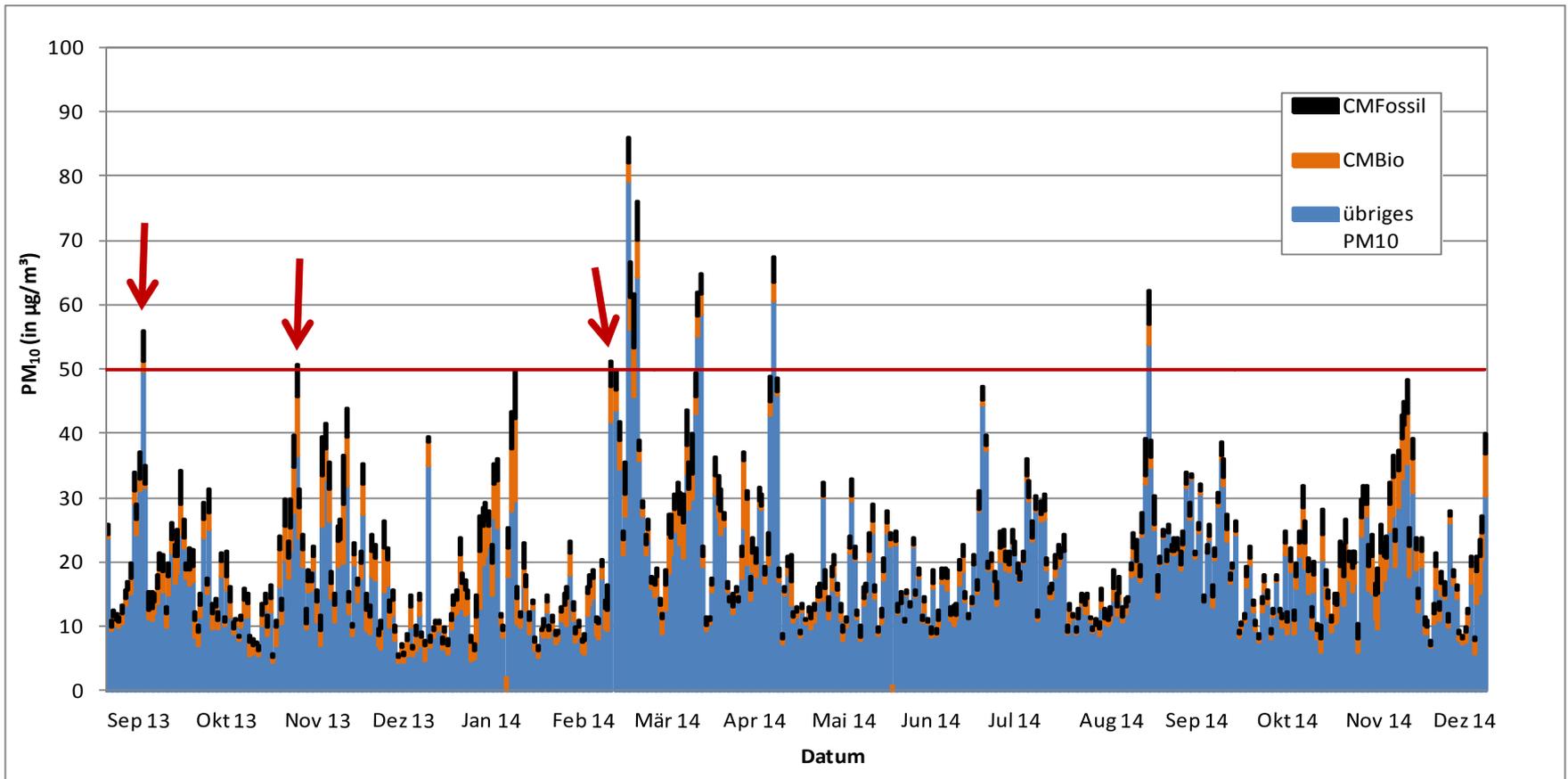
<b>Jahr</b>	<b>Anzahl Überschreitungstage</b>	
	<b>Verkehrsstation</b>	<b>Städtischer Hintergrund</b>
<b>2009</b>	28	18
<b>2010</b>	31	16
<b>2011</b>	37	35
<b>2012</b>	25	16
<b>2013</b>	19	14

LANUV-Jahresberichte (2009-2013)

- Verkehrsstation: Insgesamt 10 Überschreitungstage
  - 4 Tage weniger abzüglich CM<sub>Biomasse</sub>
  - Dieselben Tage + ein zusätzlicher ohne CM<sub>Fossil</sub>



- Städtische Hintergrundstation: Insgesamt 12 Überschreitungstage
  - 2 Tage weniger abzüglich CM<sub>Biomasse</sub>
  - Dieselben Tage + ein zusätzlicher ohne CM<sub>Fossil</sub>



# Erkenntnisse?

# Quelldiskriminierung

- Abschätzungsansätze scheinen plausible Ergebnisse zu liefern:
  - Anteile, Tages- und Wochengänge beider BC- bzw. CM-Komponenten mit Literaturdaten vergleichbar
  - Zusammenhang zwischen erhöhten Konzentrationen und jeweiligen Anströmungsrichtungen
  - Beide Ansätze zur Quantifizierung des Anteils aus Biomasseverbrennungsprozessen liefern ähnliche Ergebnisse
  
- Sind die Quelldifferenzierungsansätze noch weiter optimierbar?
  - Inwieweit variieren die verwendeten Umrechnungsfaktoren?
  - Welche Rolle spielen Abbauprozesse von Levoglucosan?
  - Wie können Abweichungen aufgrund bestimmter Aerosolcharakteristika berücksichtigt werden?

# Beträge zur Feinstaubbelastung

- Insbesondere im Winter machen CM große Anteile an  $PM_{10}$  aus
- CM trägt zur Anzahl der Überschreitungstage bei:

50 % der Tage  
(Verkehrsstation, von  $n = 10$ )



25 % der Tage  
(Hintergrundstation, von  $n = 12$ )

→  $CM_{\text{Biomasse}}$  und  $CM_{\text{Fossil}}$  tragen im betrachteten Zeitraum ungefähr gleich stark zur Anzahl der Überschreitungstage bei

# Konsequenzen?

# Konsequenzen

---

- CM aus Verkehrsemissionen
  - Inwieweit wirken sich Veränderungen in der Fahrzeugflotte und das Inkrafttreten neuer Abgasnormen aus?
- CM aus der Biomasseverbrennung
  - Inwieweit wirkt sich das Inkrafttreten neuer Grenzwerte (2. Stufe der 1. BImSchV ab Januar 2015) aus?

Sind weitere Maßnahmen zur Emissionsreduzierung notwendig?

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

- Vielen Dank an meine Kollegen und an die Mitarbeiter des LANUV!

Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



- Danke außerdem an die Mitarbeiter von Magee Scientific für ihre Unterstützung hinsichtlich technischer Fragen.