

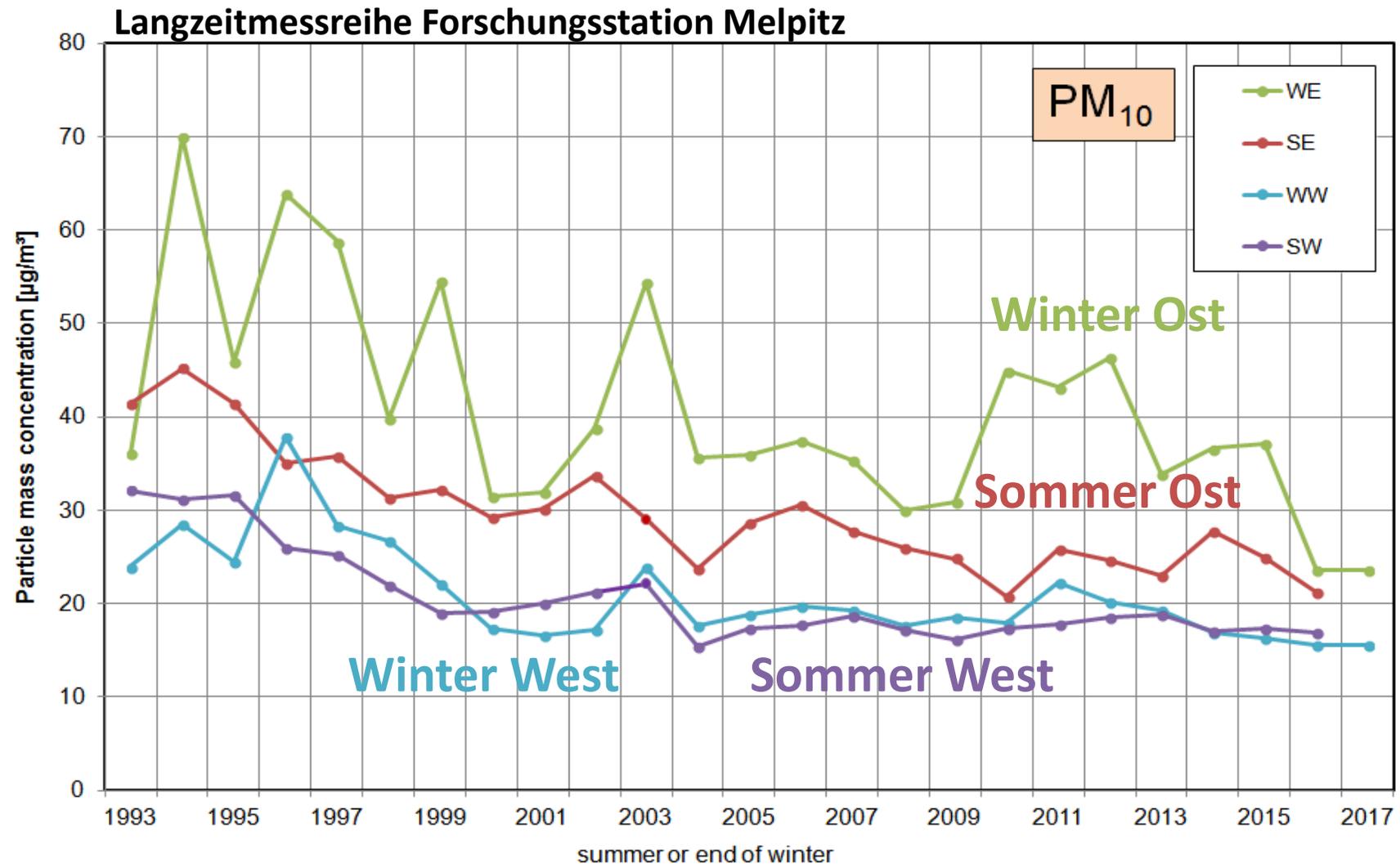
Bedeutung des PM_{10} -Ferneintrags für die Luftqualität in Sachsen: Ergebnisse des „PM-Ost“ Projektes

Dominik van Pinxteren, Falk Mothes, Gerald Spindler, Wadinga Fomba,
Hartmut Herrmann

Statuskolloquium Luft – Dresden - 06.12.2017



Wetterlagen mit östlicher Anströmung von Luftmassen führen regelmäßig zu erhöhten PM₁₀ Konzentrationen



Motivation



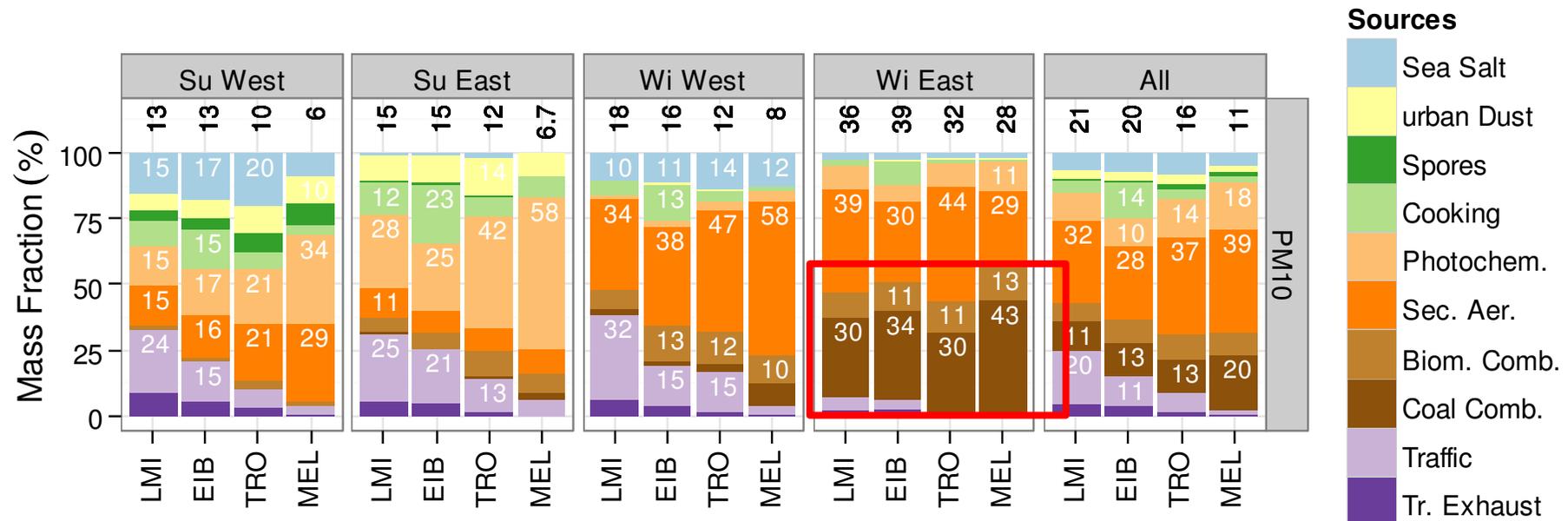
Aerosol 2013-2015 Projekt für LfULG

Quellzuordnung von PM

4 Stationen im Raum Leipzig

2 Jahreszeiten

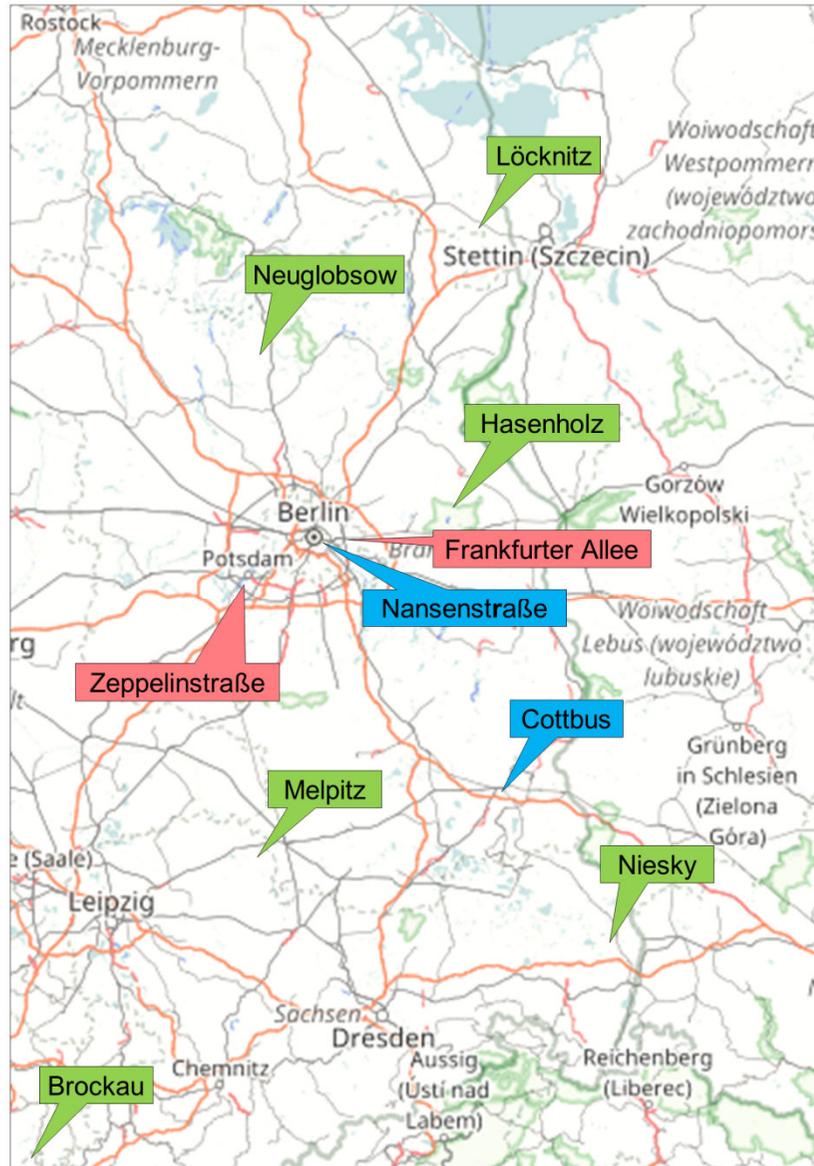
2 Hauptanströmungsrichtungen



→ 40% des PM10 in „Winter Ost“ aus Verbrennung von Holz und Kohle

→ lokal/regional oder grenzüberschreitender Transport?

PM-Ost Projekt: Stationen und Messparameter



OpenStreetMap ©

Intensivkampagne:

1. September 2016 – 31. März 2017
PM10 und PM10-Inhaltsstoffe

Tagesmittelwerte aus Filterprobenahme:

- PM10 Masse
- Anorganische Ionen (NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})
- OC/EC (EUSAAR-2)
- PAK (80 Sondermesstage)
- Levoglucosan (80 Sondermesstage)

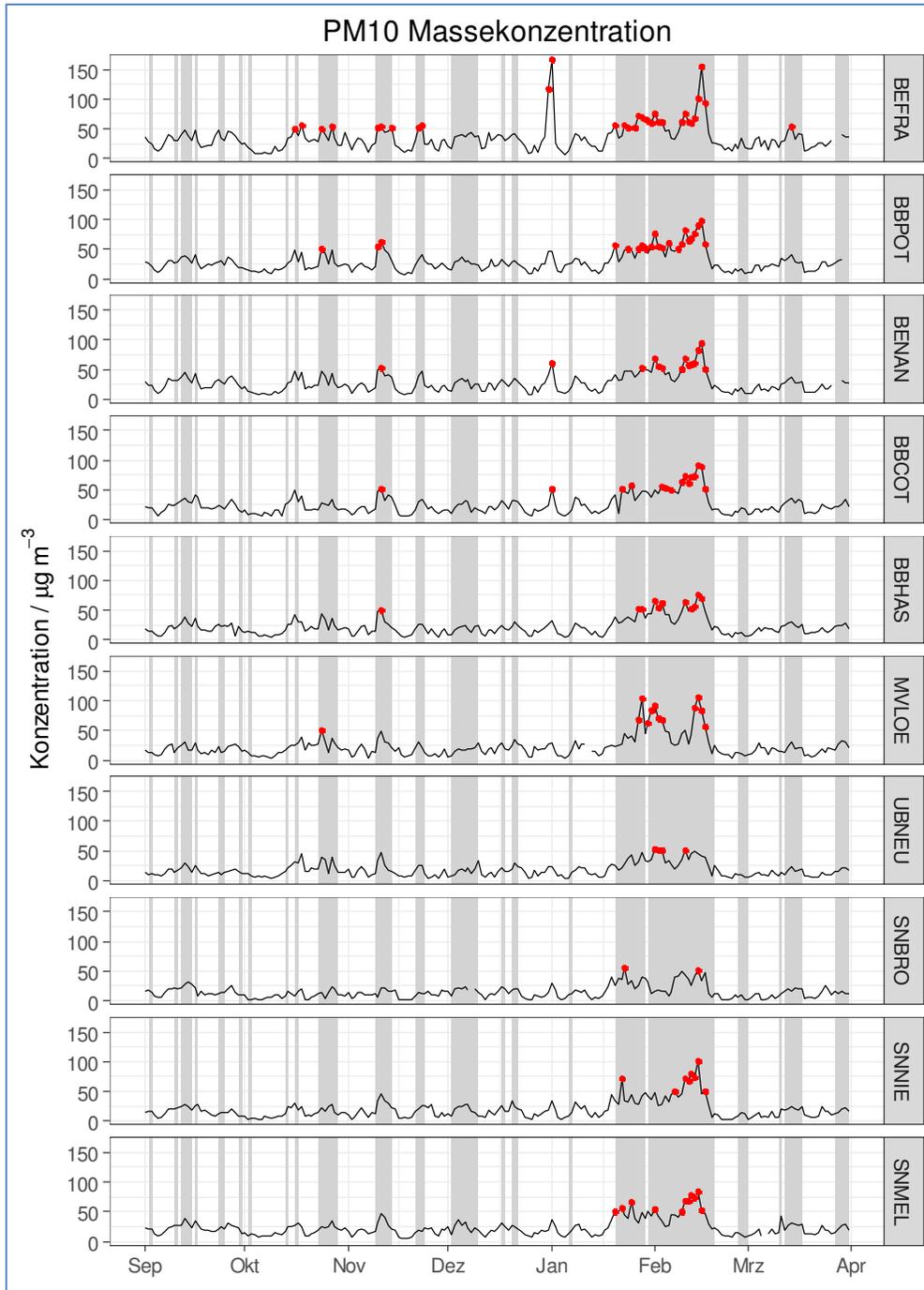
Stundenwerte aus Routinemessnetz:

- Spurengase (O_3 , NO , NO_2 , NO_x , SO_2 , CO)
- Meteorologie (WG, WR, RF, T, GS)
- PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$

zusätzlich in Berlin:

- BC (Aethalometer)
- Metalle in PM_{10} (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Sn, Cd, Sb, Ba, Pb)

PM10 Tageswerte: Zeitreihen



- Tage mit PM10 > 50 µg/m³
- Sondermesstage (SMT)

Jan/Feb 2017: 4-wöchige Episode mit hohen PM-Konzentrationen

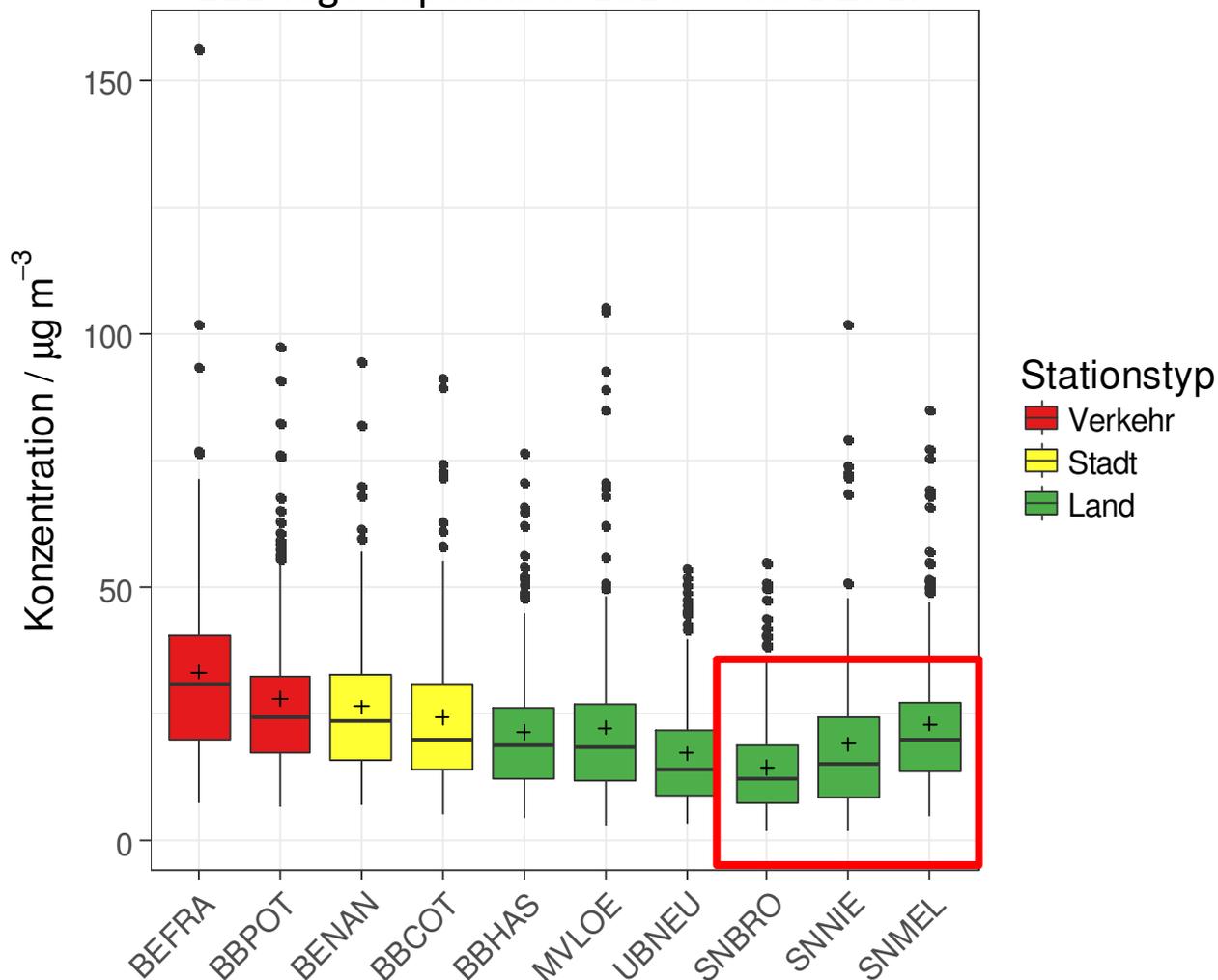
Anzahl der Überschreitungstage:

BEFRA: 32	BBHAS: 11
BBPOT: 22	MVLOE: 12
BENAN: 14	UBNEU: 4
BBCOT: 15	SNBRO: 2
	SNNIE: 8
	SNMEL: 11



PM10 Tageswerte: Boxplots

212 Tage September 2016 – März 2017



Konzentrationstrends

Alle Stationen

Verkehrsstationen >
städtischer Hintergrund >
ländlicher Hintergrund

Konzentrationstrends

Sächsische Stationen

SNMEL >
SNNIE >
SNBRO

→ Einflussfaktoren für Variabilität?

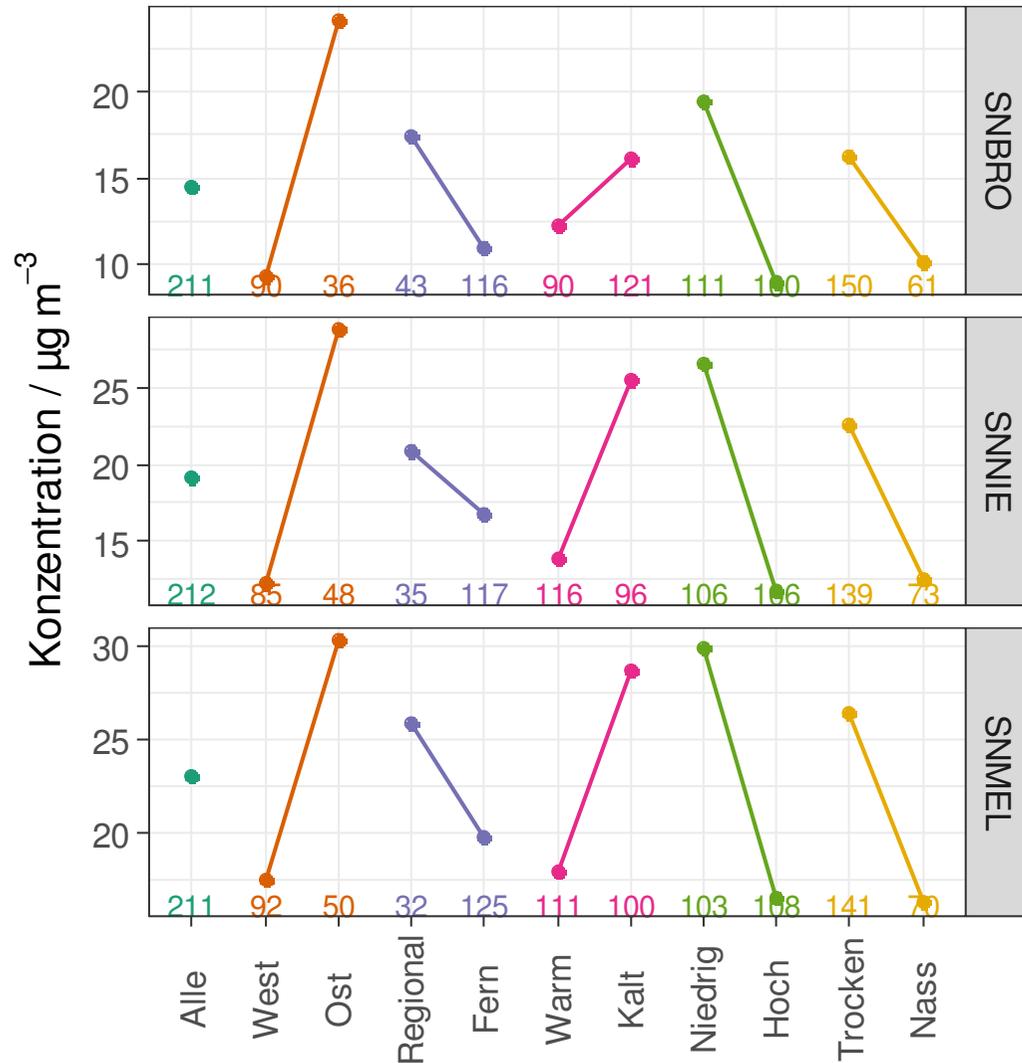
TROPOS

Meteorologische Kategorien mit Einfluss auf PM

<u>Kategorie</u>	<u>2 Ausprägungen</u>	<u>Kriterium</u>	<u>Daten</u>
Anströmung:	West / Ost / X	<i>Unterscheidung nach Rückwärtstrajektorien</i> (HYSPLIT)	
Raumskala:	Regional / Ferntransport / X	<i>Unterscheidung nach Rückwärtstrajektorien</i>	
Temperatur:	Warm / Kalt	<i>Median aller Stationen (5.54 °C) als Grenzwert</i> (Messwerte)	
Mischungs- schichthöhe:	Hoch / Niedrig	<i>Median aller Stationen (443 m) als Grenzwert</i> (COSMO-CLM/FUB)	
Witterung:	Trocken / Nass	<i>Grenzwert 0.2 mm Niederschlag</i> (DWD RADOLAN Daten; interpoliert aus Messnetz und Radar)	

TROPOS

Mittlere PM10 Konzentrationen in Kategorien



Ostanströmung >> Westanströmung
(≈ Faktor 2)

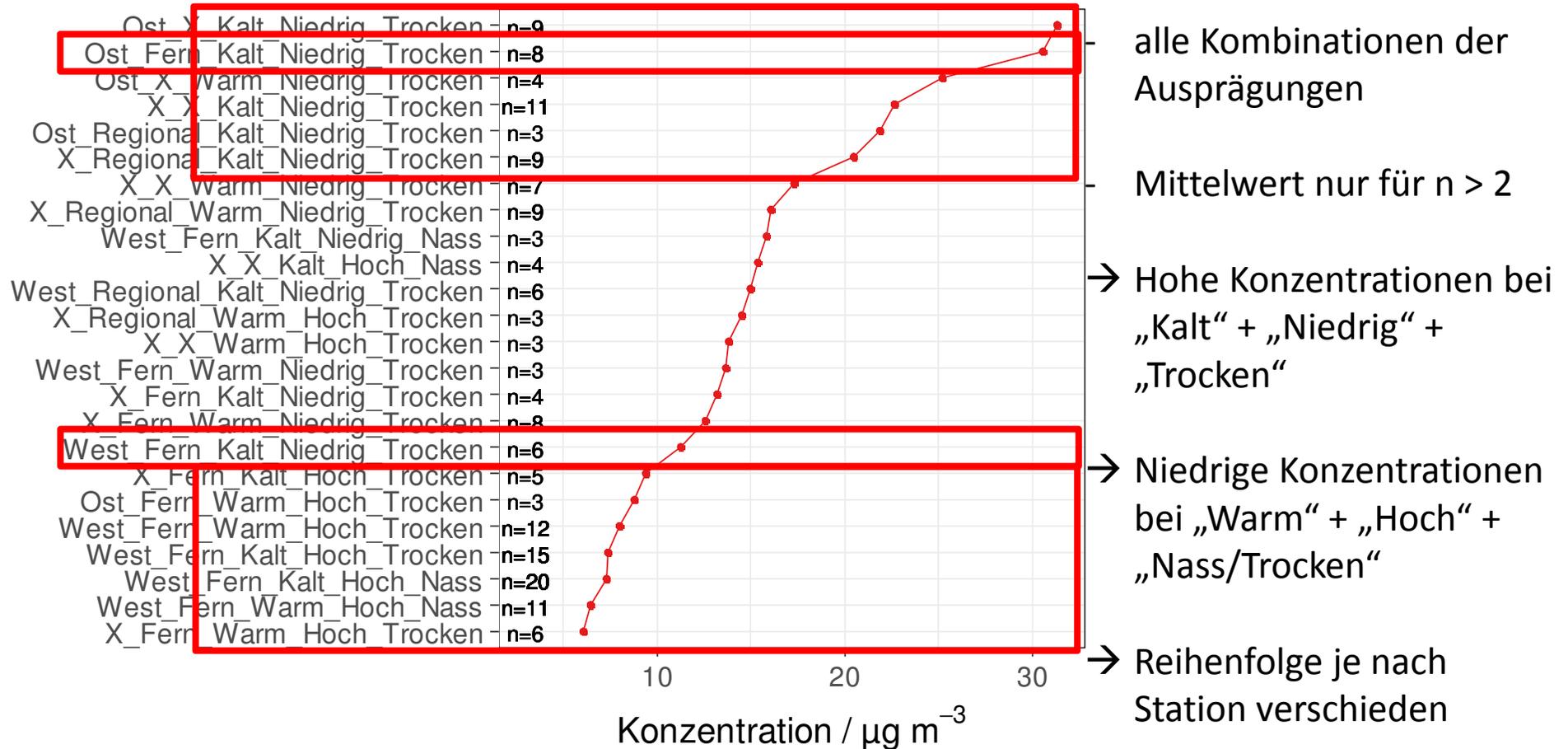
- Kategorie
- Gesamt
 - Anströmung
 - Raumskala
 - Temperatur
 - Grenzschicht
 - Witterung

aber auch:
Kalt >> Warm
Niedrig >> Hoch
Trocken >> Nass

- Meteorologische Einflüsse wirken auf lokale/regionale PM-Belastung
- Quantifizierung des Ferneintrages durch reinen PM-Transport nicht möglich
- Kombination der Kategorien

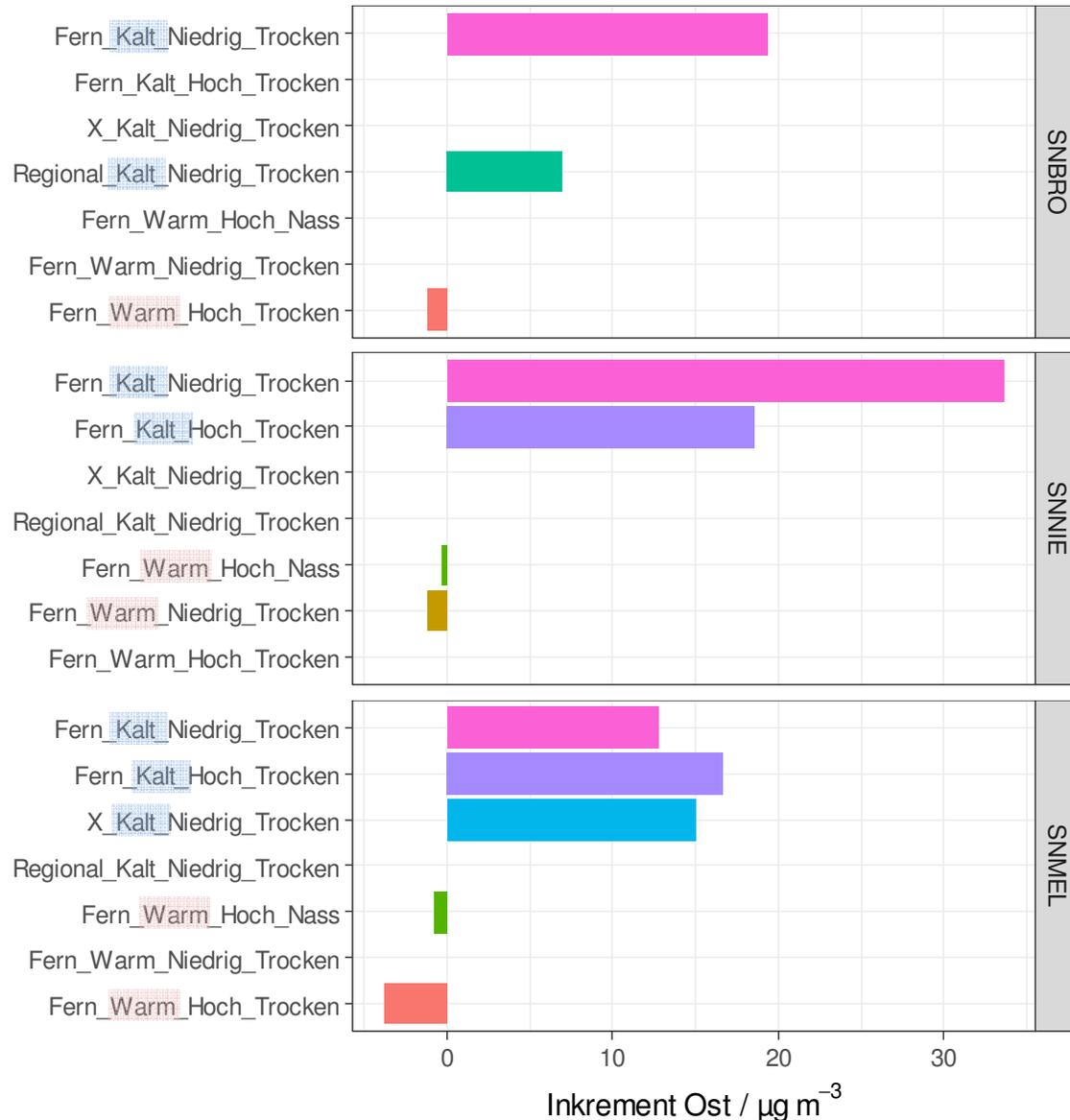
Mittlere PM10 Konzentrationen in kombinierten Kategorien

SNBRO



- Vergleich Ost-/Westanströmung unter gleichen meteorologischen Randbedingungen
- „Inkrement Ost“ als Proxy für grenzüberschreitenden Ferneintrag

“Inkrement Ost” als Proxy für PM10 Ferneintrag



Sachsen

→ deutlich positives Inkrement Ost an „kalten“ Tagen (ca. 7 – 33 $\mu\text{g m}^{-3}$)

→ Nahe 0 oder negativ an „warmen“ Tagen

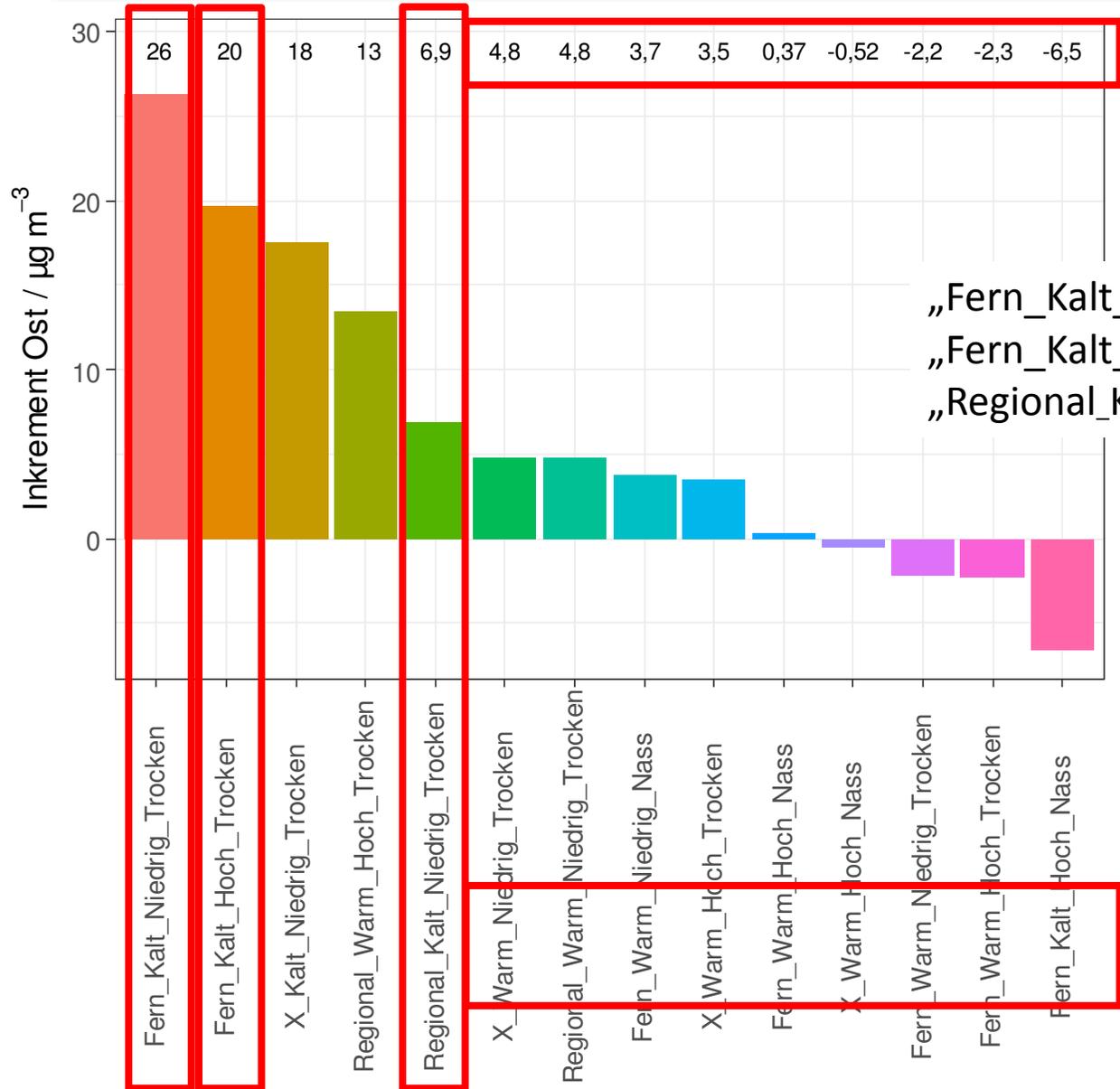
- kombinierte Kategorien müssen für „Ost“ und „West“ mit $n > 2$ besetzt sein

→ viele Lücken für relativ kurzen Untersuchungszeitraum

→ Mittelwert über alle 6 Stationen im ländlichen Hintergrund

TROPOS

Mittlere Inkrement Ost Konzentrationen



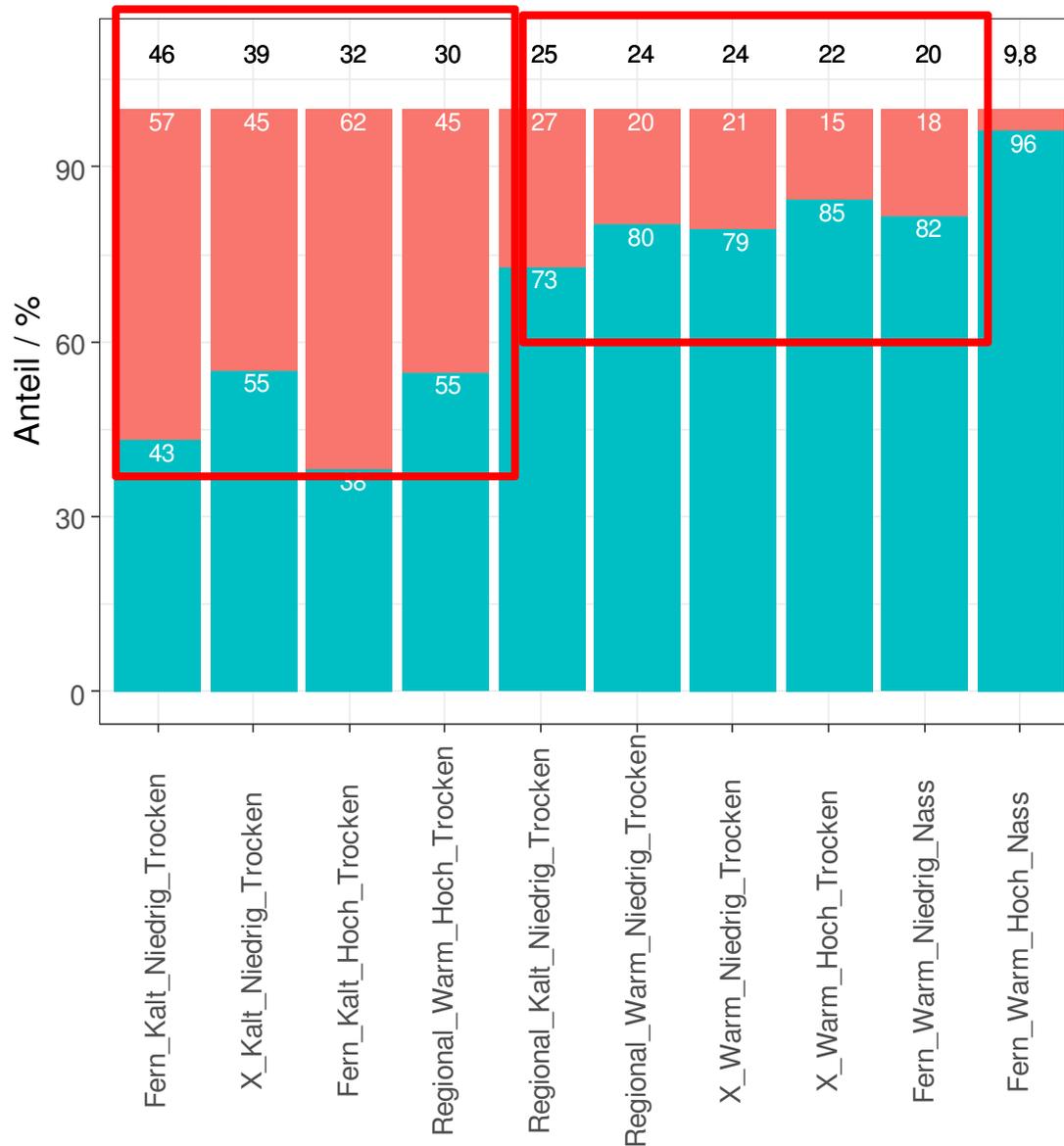
Mittelwerte aller ländlichen Hintergrundstationen

„Fern_Kalt_Niedrig_Trocken“: ~30 µg m⁻³
 „Fern_Kalt_Hoch_Trocken“: ~20 µg m⁻³
 „Regional_Kalt_Niedrig_Trocken“: ~10 µg m⁻³

Wenn „Warm“ und/oder „Nass“:
 Inkrement Ost klein oder negativ



Mittlere Anteile des Inkrements Ost an Gesamtbelastung



← Mittlere PM10 Konzentration ($\mu\text{g m}^{-3}$)
in kombinierten Kategorien bei
Ostanströmung

Inkrement
■ Ost
■ West

$PM_{10} > 30 \mu\text{g m}^{-3}$

→ ca. 50 % Ferneintrag

$20 < PM_{10} < 30 \mu\text{g m}^{-3}$

→ ca. 20 % Ferneintrag

$PM_{10} < 20 \mu\text{g m}^{-3}$

→ Ferneintrag vernachlässigbar

→ Quellen des Ferneintrags?

Positive Matrixfaktorisierung (PMF)

Variante der Faktoranalyse (Paatero und Taper, 1994)

$$X = G \cdot F + E \quad F_{ij}, G_{ij} \geq 0$$

mit

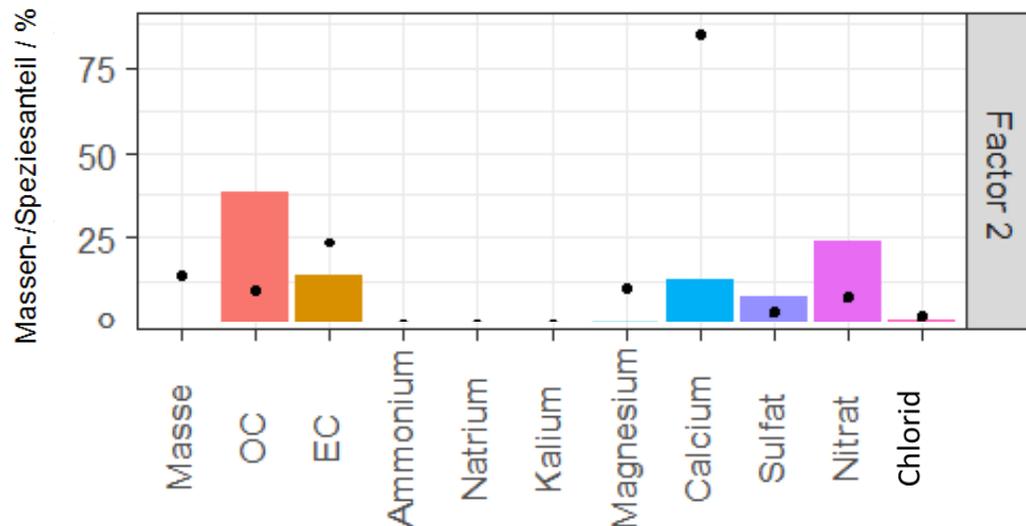
X: Matrix der Messwerte (n Beobachtungen x m Spezies)

G: Matrix der Quellbeiträge (n Beobachtungen x p Quellen) → Gewichtungen

F: Matrix der Quellzusammensetzungen (p Quellen x m Spezies) → Faktoren, Emissionsprofile

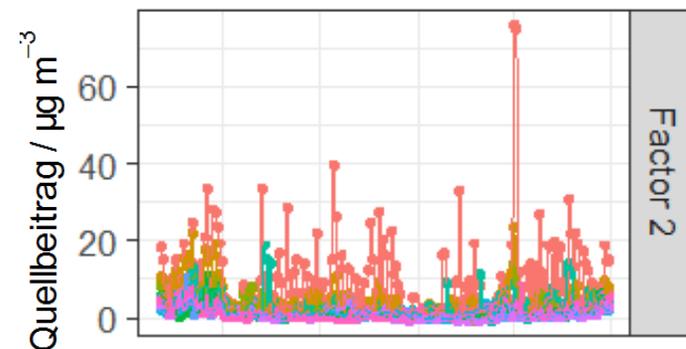
E: Residualmatrix (Differenz zwischen Messungen X und Modell Y (=GF))

Faktorprofil



Balken: Massenanteil: Speziesanteil (Punkte):
 Σ Spezies = 1 Σ Faktoren = 1

Quellbeiträge



Konzentrationszeitreihe für
jeweiligen Faktor

TROPOS

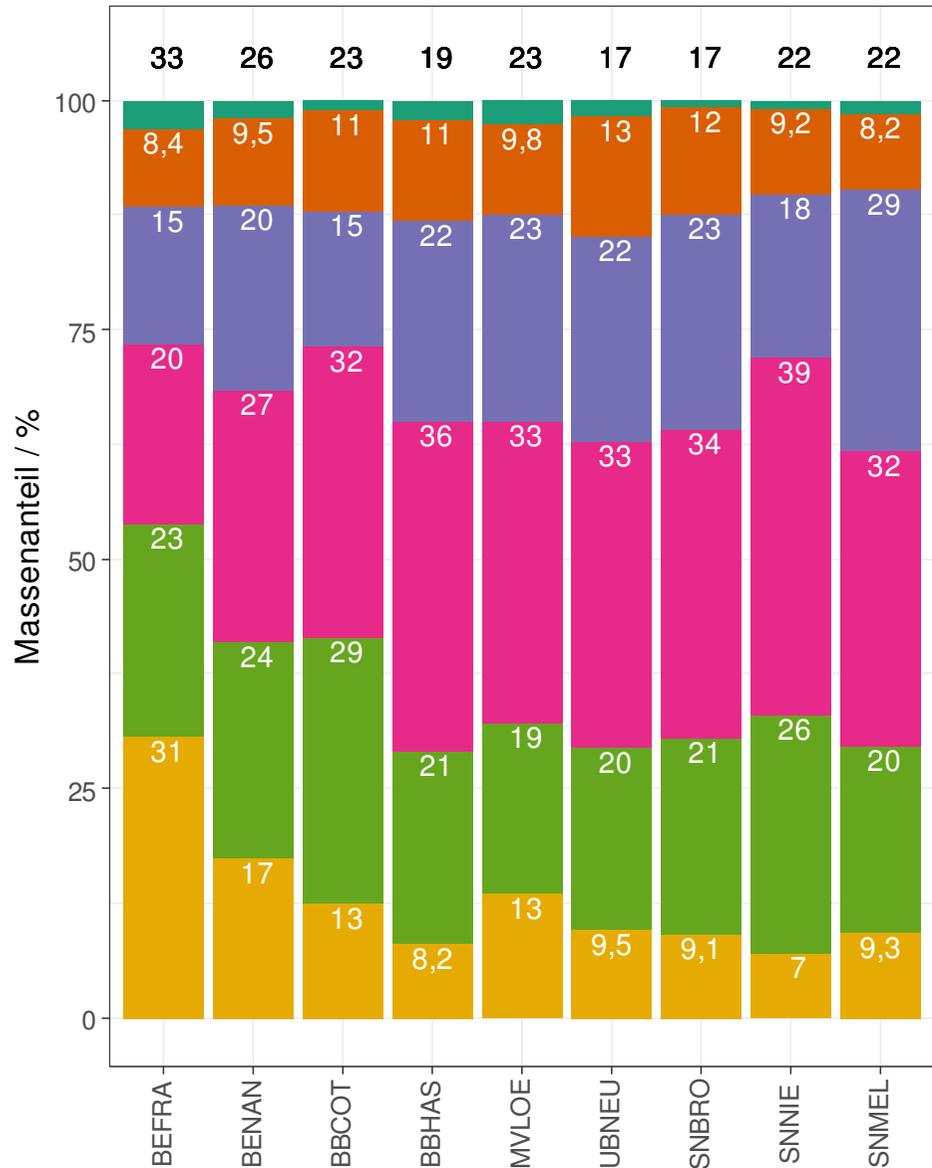
Übersicht identifizierte Quellkategorien

PMF mit gesamtem Datensatz: Alle Tage, alle Stationen, Masse, OC/EC, Ionen
→ 6 identifizierte Quellkategorien

Quellkategorie	Hauptinhaltsstoffe	Markerverbindungen
Salz (frisch)	Natrium, Chlorid	Natrium, Chlorid
Salz (gealtert)	Natrium, Sulfat, Nitrat, OC	Natrium, Magnesium
Sekundär I (AN)	Ammonium, Nitrat	Nitrat
Sekundär II (AS + OC)	Ammonium, Sulfat, OC	Sulfat
Verbrennung	OC, EC	EC, Kalium, (PAK)
Verkehr/Aufwirbelung	OC, EC, Calcium, Sulfat, Nitrat	EC, Calcium

TROPOS

Mittlere Quellbeiträge



← PM10 Konzentration ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Mittelwerte im Untersuchungszeitraum

Quellkategorie

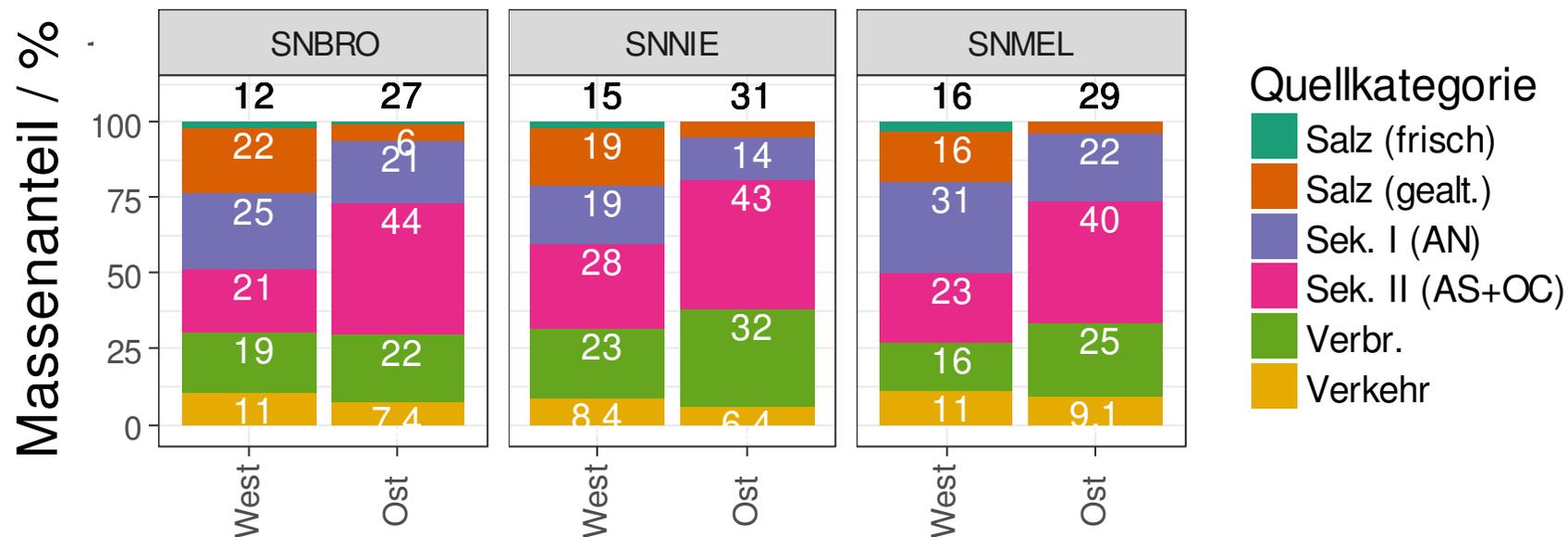
- Salz (frisch)
- Salz (gealt.)
- Sek. I (AN)
- Sek. II (AS+OC)
- Verbr.
- Verkehr

typischer Hintergrund:

- 15 % Salz,
- 20 % Sek. I (AN),
- 30 % Sek. II (AS + OC),
- 20 % Verbr.,
- 10 % Verkehr (inkl. Kruste)



Quellbeiträge bei West- und Ostanströmung



→ PM10 Konz. nehmen um ca. Faktor 2 zu von West nach Ost

→ Anteil von Sek. II (AS OC) etwa verdoppelt bei „Ost“

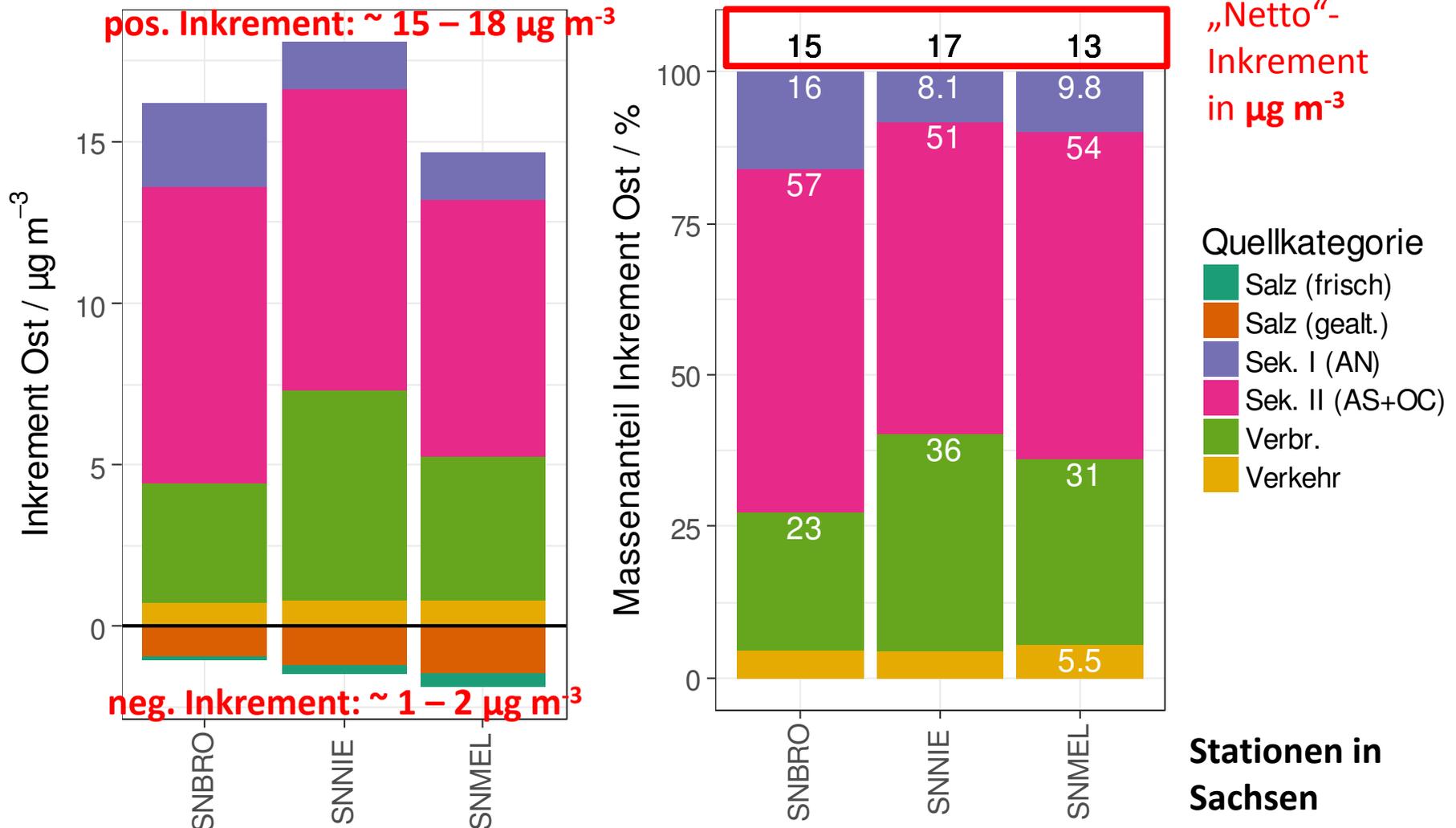
→ Anteil von Verbr. nimmt ebenfalls zu

→ Anteil von Salz nimmt deutlich ab

→ **Inkrement Ost für jede Quellkategorie berechnen**

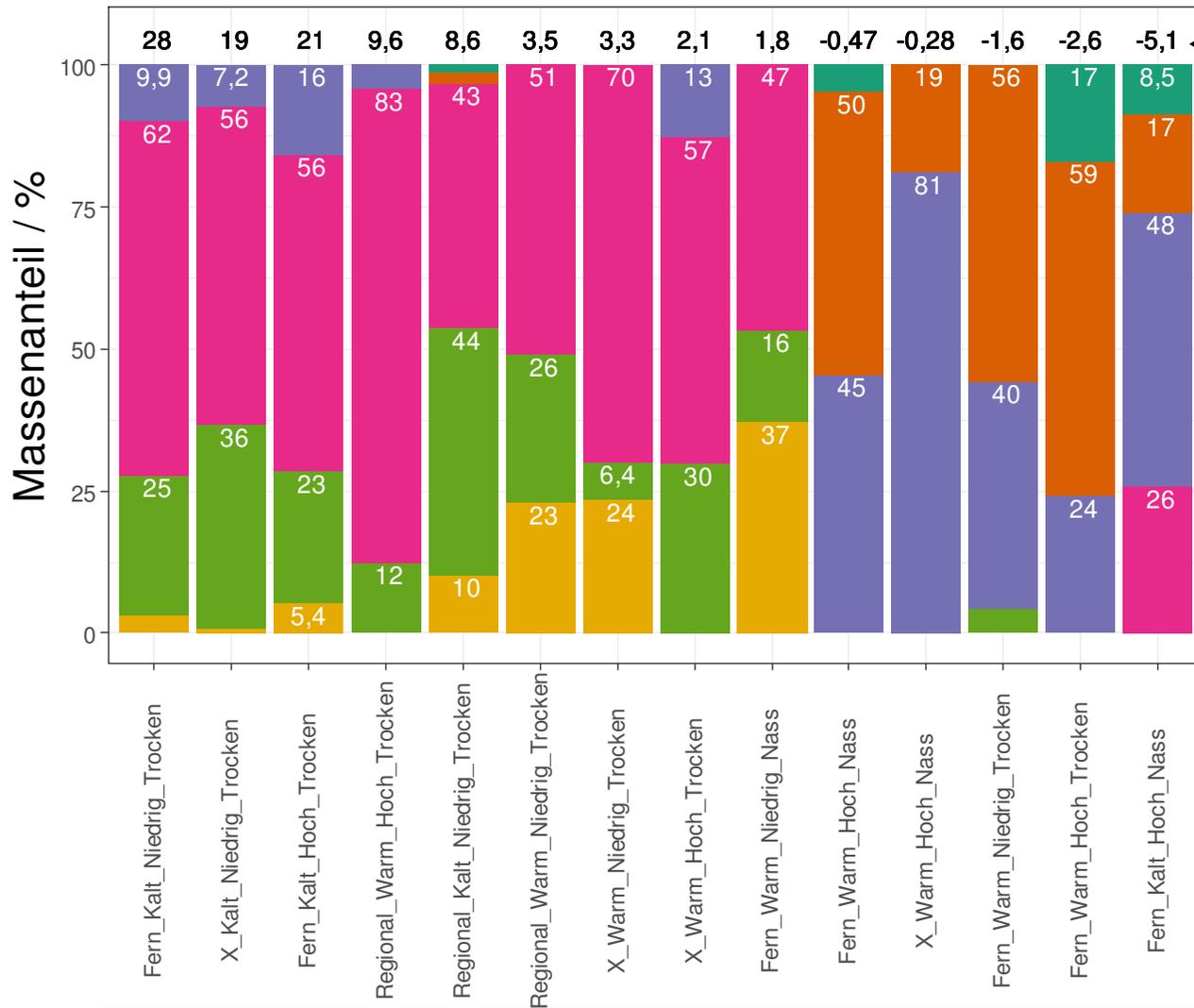
TROPOS

Inkrement Ost in Quellkategorien



- Starke Zunahme von anthropogenen Quellbeiträgen bei Ostanströmung wird teilweise kompensiert durch Abnahme bei natürlichen Quellbeiträgen
- lokaler Einfluss der Meteorologie?

Inkrement Ost in kombinierten Kategorien



← Inkrement Ost in $\mu\text{g m}^{-3}$

Mittelwerte aller ländlichen Hintergrundstationen

- Quellkategorie
- Salz (frisch)
 - Salz (gealt.)
 - Sek. I (AN)
 - Sek. II (AS+OC)
 - Verbr.
 - Verkehr

→ Sekundär II (AS + OC) und Verbrennungsemissionen stellen Hauptbeiträge zu (positivem) Inkrement Ost dar

→ grenzüberschreitender PM-Ferneintrag v.a. durch (prozessierte) Emissionen aus Holz- und Kohleverbrennung



Bedeutung des PM₁₀-Ferneintrags für die Luftqualität in Sachsen?

- PM₁₀ Konzentrationen an 3 Stationen in Sachsen nahmen um ca. Faktor 2 zu, wenn Luftanströmung von West nach Ost wechselte
- Inkrement Ost berechnet als Proxy für grenzüberschreitenden Ferneintrag unter gleichen meteorologischen Randbedingungen (kombinierte Kategorien)
- Für 3 Stationen in Sachsen:
 - Ca. 7 – 33 $\mu\text{g m}^{-3}$ Ferneintrag an „kalten“ Tagen
 - Nahe 0 oder negativ an „warmen“ Tagen
 - konsistent mit Mittel über alle Stationen im Projekt
- Anteil des grenzüberschreitenden Ferneintrags:
 - 50% bei hohen PM₁₀-Konzentrationen ($> 30 \mu\text{g m}^{-3}$)
 - 20% bei mittleren PM₁₀-Konzentrationen ($20 - 30 \mu\text{g m}^{-3}$)
 - unbedeutend bei niedrigen PM₁₀-Konzentrationen ($< 20 \mu\text{g m}^{-3}$)
- PMF Quellzuordnung zeigt primäre und sekundäre (prozessierte) Emissionen aus Verbrennung von Holz und Kohle als Hauptverursacher des Ferneintrags

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

