Verschlechtern Holzheizungen die Luftqualität?

Prof. Dr. Hartmut Herrmann mit

Falk Mothes, Dominik van Pinxteren, Gerald Spindler, Achim Grüner, René Rabe, Khanneh Wadinga Fomba, Andrea Cuesta, Thomas Tuch, Maik Merkel, Thomas Müller, Alfred Wiedensohler

Statuskolloquium Luft

am 4. Dezember 2019 in Dresden

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE

Freistaat SACHSEN

TROPOS
Leibniz-Institut für Troposphärenforschung

Ausgangslage

Steigende Anzahl an Kleinfeuerungsanlagen (KFAs) zur Wärmeerzeugung durch Holzverbrennung in privaten Haushalten

Ursache: a) Brennstoff Holz preiswerter als Öl und Gas

b) Förderung Biomasseverbrennung *(EU-Richtlinie 2009/28/EG)*

c) „Gemütlichkeit“ der Nutzung von Kaminen / Kaminöfen

→ Zunahme im ländlichen und urbanen Raum

Aber:

- Hausbrandemissionen (Σ Holz, Kohle, Öl, Gas) in Europa 2016 verantwortlich für 40% der PM10 und 56% der PM2,5 Emissionen

  = stärkste Partikelquelle *(Europäischer Luftqualitätsbericht EEA 2016)*

- Feinstaubemissionen aus Holzfeuerungsanlagen in Deutschland heute insgesamt höher als die aus PKW/LKW- Motoren *(UBA 2017)*

TROPOS

EEA (2016) Air quality in Europe - 2016 report. European Environment Agency.
UBA (2017) Kleine und mittlere Feuerungsanlagen. Website Umweltbundesamt. Zugriff: 30.08.2018

Ausgangslage

Sachsen:

- 2009 existierten geschätzt 400.000 Holz-kleinfeuerungsanlagen, davon 2/3 als Zusatzheizung = Einzelraumfeuerungsanlagen *(Hausmann 2010)*
- 62% der KFAs bestehen im ländlichen Bereich, 33% am Stadtrand und 5% innerstädtisch *(Hausmann 2010)*
- 2012 schätzungsweise 15% der PM10- Emissionen aus KFAs *(Schreiber 2015)*
- Sächsisches Luftgütemessnetz verfügt bislang noch über keine Messstationen zur Überwachung holzfeuerungsbedingter Immissionen

Hausmann A. (2010) Holzkleinfeuerungsanlagen in Sachsen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen; Referat Luftqualität.
Schreiber U. (2015) Luftschadstoff und Treibhausgasemissionen in Sachsen 2012. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

TROPOS

Zusatzbelastung aus Holzheizungen

Projektdauer: 01.08.2018 bis 31.01.2020

Leibniz- Institut für Troposphärenforschung (TROPOS)
Abteilung Chemie der Atmosphäre (ACD)
Abteilung Experimentelle Aerosol- und Wolkenmikrophysik (ExAWoMP)

Ziele:

- Erprobung eines Immissionskonzeptes zur chemischen und physikalischen Charakterisierung der PM-Zusatzbelastung aus Holzheizungen durch umfassende Außenluftmessungen
- Verursacheranalyse zur Beurteilung des realen Beitrages der Holzfeuerungsanlagen zur Luftverschmutzung

Bildquelle: Schmoeckel G., Heinen R., Wazula H., Hartmann H., Lenz V., Poppitz W. (2012) Heizen mit Holz in Kaminöfen - Tipps zur umweltfreundlichen Bedienung-für eine entspannte Nachbarschaft., Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.

Holz als Brennstoff – Quelle für Luftschadstoffe

TROPOS

Holz als Brennstoff – Quelle für Luftschadstoffe

Unter realen Verbrennungsbedingungen resultiert die Freisetzung einer Vielzahl von, zum Teil gesundheitsgefährdender, Substanzen:

- Partikuläres Material (PM)
- Ruß und schwarzer Kohlenstoff
- PAKs
- Dioxine und Furane
- Kohlenstoffmonoxid
- Salze und Metalle
- Stickoxide

Mittlere Emissionsfaktoren für kleine und mittlere Feuerungsanlagen (nach 1. BImSchV vom 26.01.2010) ohne Abgasreinigung, Stand 24. April 2013 für Bericht 2012 *(Schneider et al. 2016)*.

Emittierter Stoff	Einheit	Heizöl EL	Erdgas	Holz stückig	Holz pellet
PM10	kg TJ^{-1}	1,0	0,03	99	33
PM2,5	kg TJ^{-1}	1,0	0,03	94	31
Benzo(a)pyren	g TJ^{-1}	0,02	vn	15	2,2
Benzol	g TJ^{-1}	15	0,22	7612	2300
PCDD/F	µgTE TJ^{-1}	2,6	1,9	72	1,0
CO	kg TJ^{-1}	14	14	2871	317
NO_x ($NO+NO_2$ als NO_2)	kg TJ^{-1}	43	24	74	114
Blei	g TJ^{-1}	0,3	vn	25	4

Emissionsfaktor (EF) = emittierte Masse Schadstoff pro Einheit erzeugter Energie

PAKs: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Schneider C. et al. (2016) Erstellung der Berliner Emissionskataster Industrie, Gebäudeheizung, sonstiger Verkehr, Kleingewerbe, sonstige Quellen, Baustellen. AVISO GmbH und das Leipziger Institut für Energie im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin.

TROPOS

Beitrag Holzverbrennungsaerosol an der Gesamtpartikelmasse

TROPOS

Beitrag des Holzverbrennungsaerosols an der Gesamt- PM- Masse

- Sichtung von mehr als 150 wissenschaftlichen Forschungsstudien bestehend aus „grauer Literatur“ und Veröffentlichungen in Fachjournalen
- Fokus auf europäischen Studien der zurückliegenden 20 Jahre

Ergebnis:

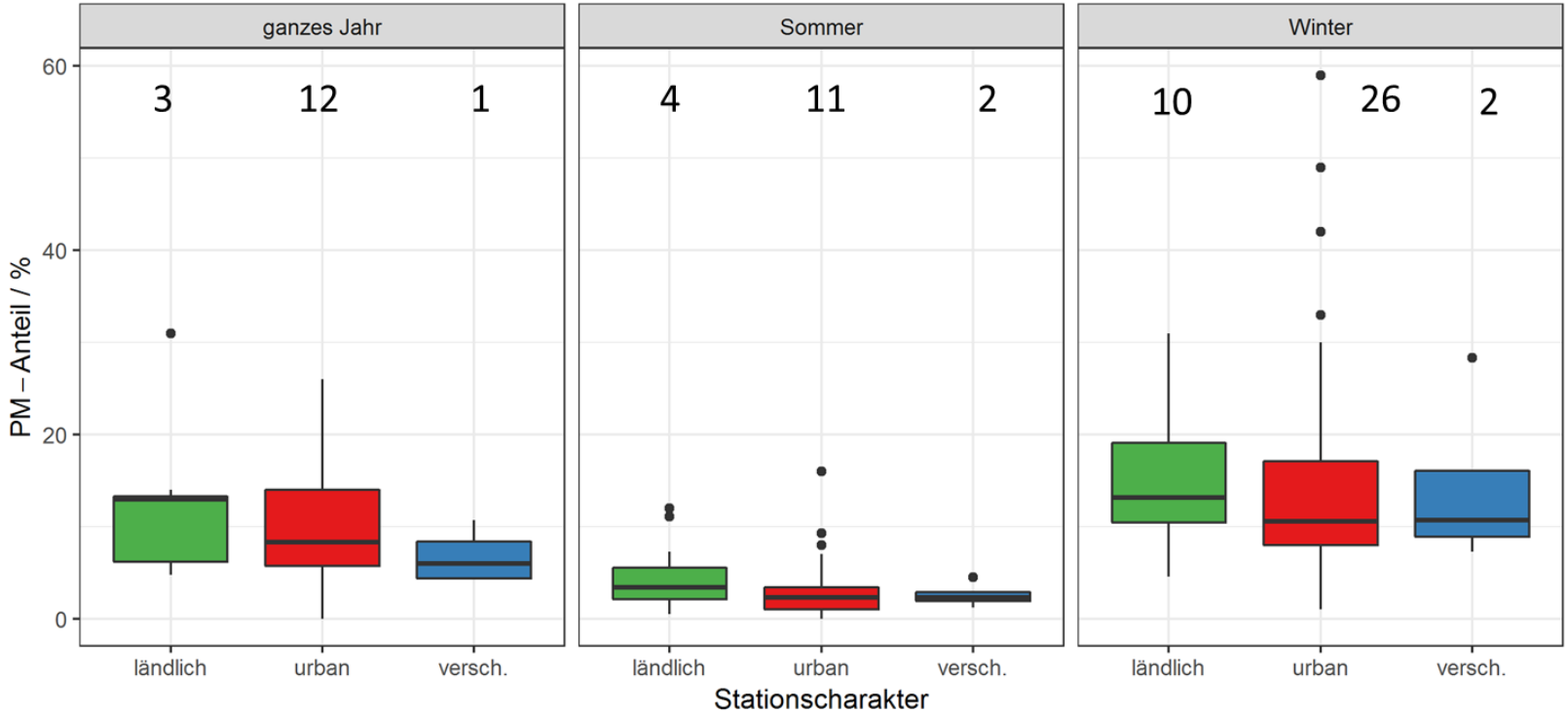
- Tabellarische Zusammenfassung von 43 Studien, die den Beitrag der Holzverbrennung an der Masse PM10 oder PM2,5 diskutieren
- Berücksichtigte Methoden: Verbrennungstracer, Rezeptormodellierung und chemische Transportmodellierung

Jahr								Beitrag Holzverbrennung / %							
von	bis	Zusatzinfos	Größenklasse	Stadt	Land	Stationstyp	Jahreszeit	Mittelwert	Stdabw.	Median	Min	Max	Methodik	Kommentare	Referenz

➢ Inhalt 1. Zwischenbericht „Zusatzbelastung aus Holzheizungen“, Veröffentlichung geplant in Gefahrstoffe- Reinhaltung der Luft

TROPOS

Beitrag des Holzverbrennungsaerosols an der Gesamt- PM- Masse, graphische Zusammenfassung der Literaturstudie



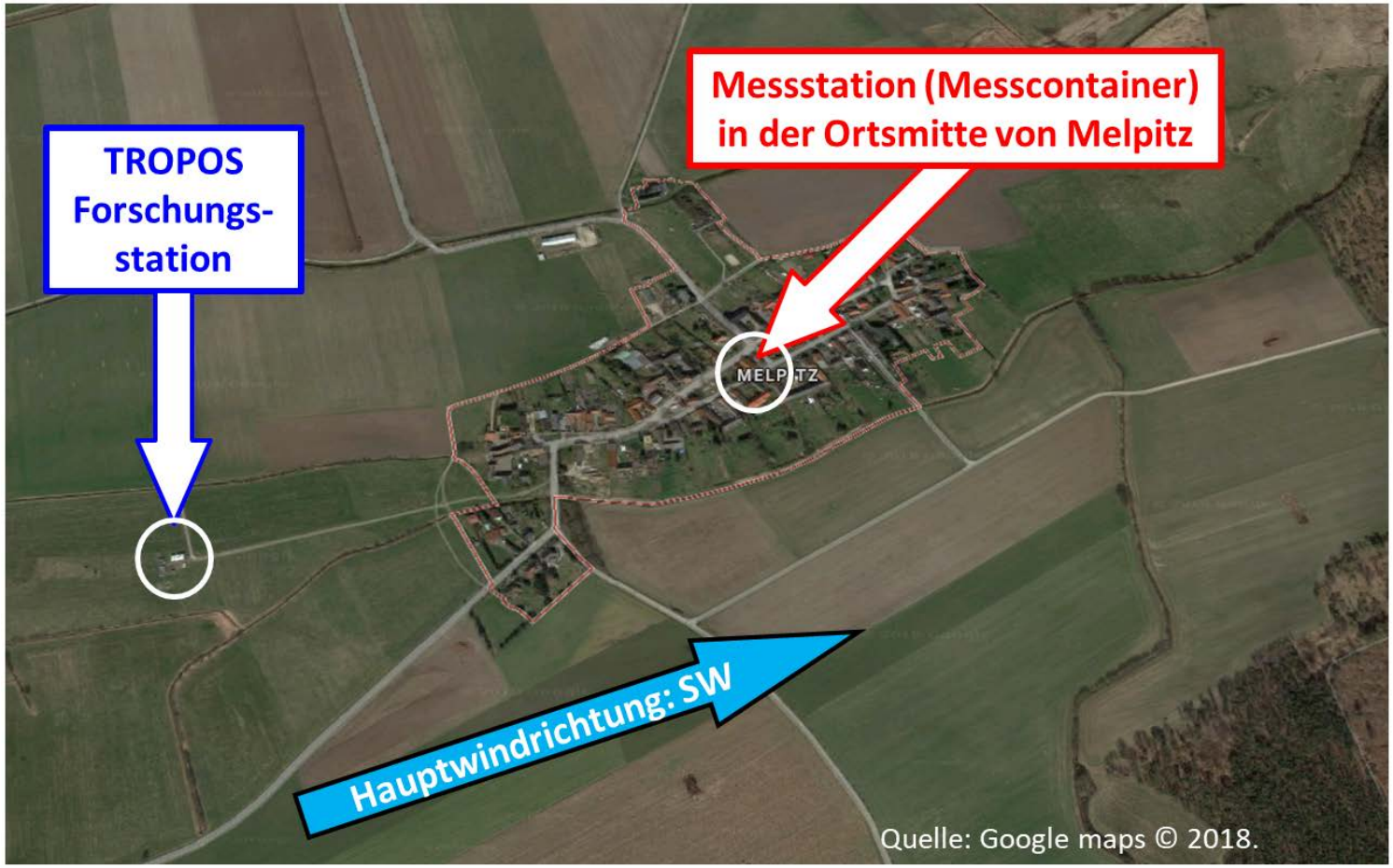
- Holzverbrennung <3-30% PM-Anteil im Jahresmittel
- Anteil im Winter deutlich größer als im Sommer, bis zu 1/3 der Partikelmasse im Winter
- Keine eindeutige Abhängigkeit vom Stationscharakter
- Jahresmittel Deutschland 7-26%, dabei Sommer im Mittel 2-3% und Winter im Mittel 13-14%

TROPOS

Forschungsprojekt
-
Aufbau und Messkonzept

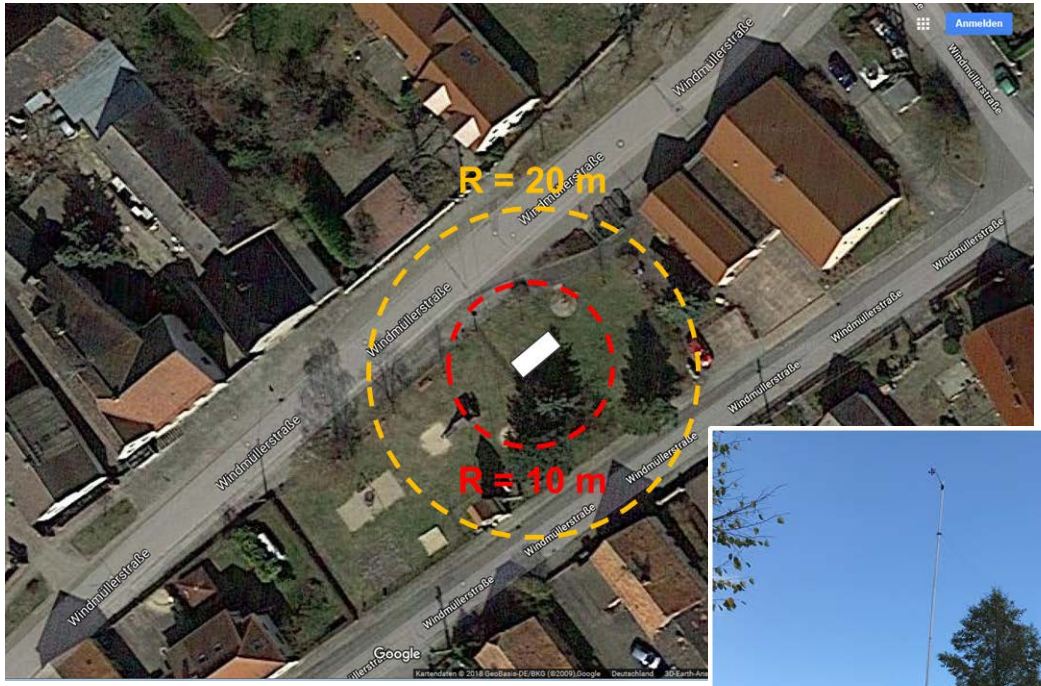
TROPOS

Aufbau und Messkonzept



Messungen an 2 Messstationen in Melpitz (Sachsen), Deutschland, über ein ganzes Jahr (01.11.2018-31.10.2019)!

Aufbau und Messkonzept



Ziel:

Beurteilung des realen Beitrags der Holzverbrennung zur Luftqualität (PM, BC, BrC)

Inbetriebnahme der Messstation im Ort Melpitz erst nach erfolgreicher Überprüfung der Schallemissionen des Messcontainers!

TROPOS

Aufbau und Messkonzept

An den Messstationen Melpitz Ortsmitte und Melpitz Forschungsstation installierte Messgeräte für physikalische und chemische Messungen

Parameter	Zeitauf-lösung	Messgerät an beiden Stationen
Massekonzentration PM10, PM2,5 und PM1	1 h	Grimm DR11R OPSS (Melpitz Ortsmitte) Grimm EDM107 OPSS (Melpitz Forschungsstation)
Massekonzentration PM10	24 h	Digitel HV- Sammler
BC und BrC in PM10	1 h	MAAP 5012 und Mehrwellenlängen-Aethalometer AE33
Partikelanzahlgrößen-verteilung 5 - 800 nm, 0,7 - 10 µm	1 h	MPSS und APSS
Spurengase NO, NO_2, NO_x	1 h	HORIBA APNA 370 Gasmonitor mit Molybdänkonverter
Meteorologie T, LD, RF, WR, WG, GS, ND	1 h	Wetterstation Vantage Pro 2

▶ Dioxine und Furane im Staubniederschlag monatlich Bergerhoff Methode

OPSS: Optical Particle Size Spectrometer
MAAP: Multiangle Absorption Photometer
MPSS: Mobility Particle Size Spectrometer
APSS: Aerodynamic Particle Size Spectrometer

PM10- Inhaltsstoffe	
Ionen	Chlorid, Nitrat, Nitrit, Sulfat, Ammonium, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Oxalat, Methansulfonat
OC/EC	
WSOC	
Alkane	n- Alkane C22 – C34
PAKs	Fluoranthen (FLU),Pyren (PYR), Reten (RET), Benzo[b]naphtho(1,2-d)thiophen (BNTHIO), Cyclopenta(cd)pyren (CCPYR), Benzo(k)fluoranthen (BkFLU), Benzo(e)pyren (BePYR), Benzo(a)pyrene (BaP), Benzo(ghi)perylen (BghiPER)
Hopane	17alpha(H),21beta(H)-30-Norhopan (NHOP), 17alpha(H),21beta(H)-Hopan (abHOP), 17alpha(H),21beta(H)-22S-Homohopan (ab22SHHOP), 17alpha(H),21beta(H)-22R-Homohopan (ab22RHOP)
(Anhydro)-Monosaccharide	Levoglucosan, Mannosan, Galactosan, Glucose, Fructose, Arabitol
Metalle	Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Sn, Sb, Ba, Pb

Forschungsprojekt

-

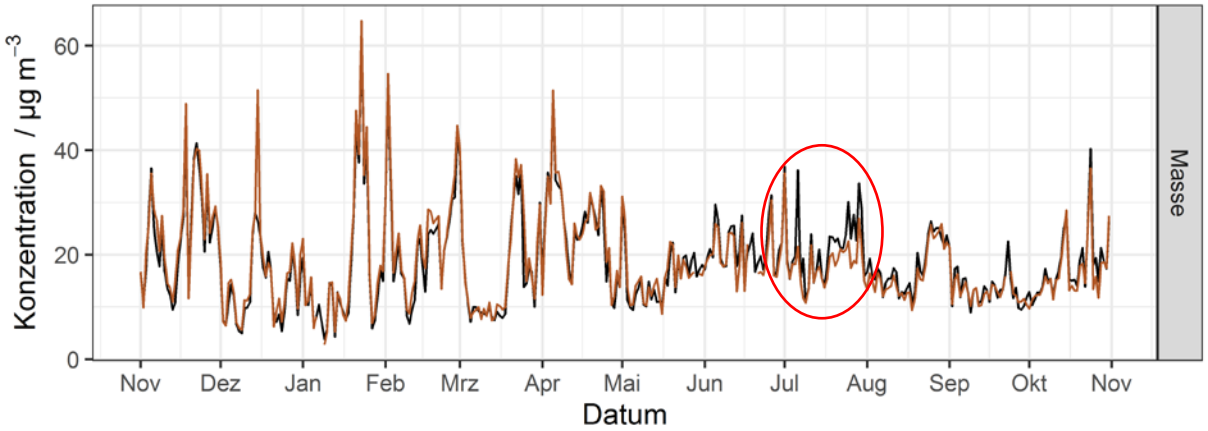
Vorläufige Ergebnisse:

Vergleich der beiden Stationen bzgl. PM10 Masse & ausgewählter Inhaltsstoffe

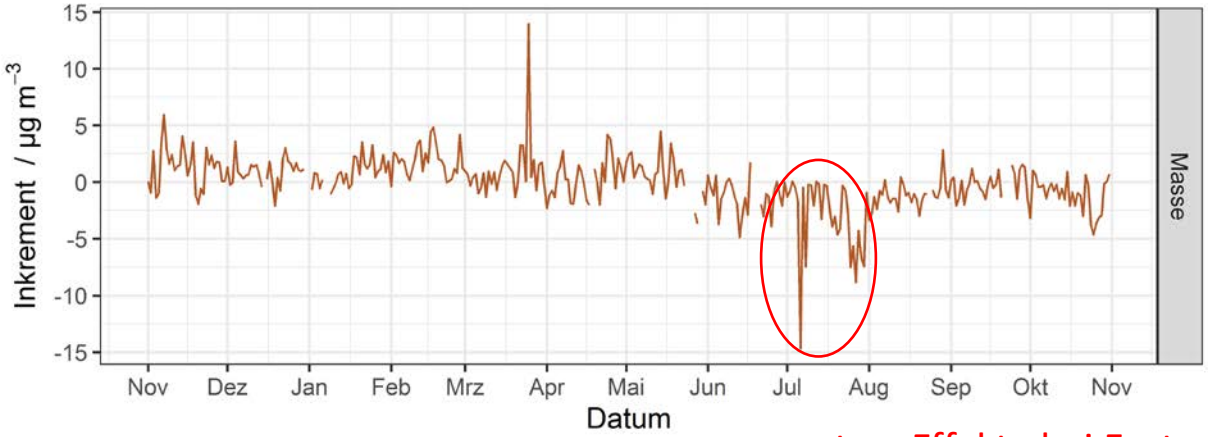
TROPOS

PM10 Masse

Zeitreihen 01.11.2018-31.10.2019



Inkrement Ort-Station (*Tagesmittel*)



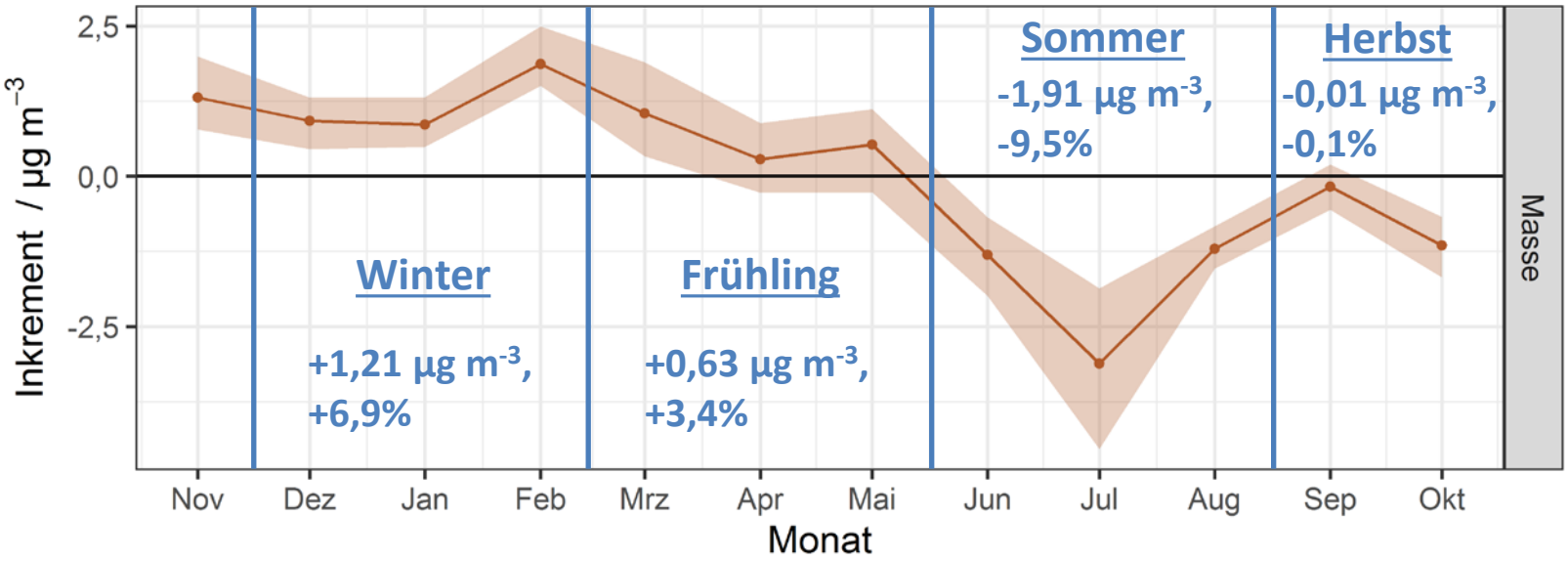
typ. Effekte bei Ernteeinsätzen im Sommer

- Datenverfügbarkeit > 98%
- Sehr gute Übereinstimmung der Konzentrationsverläufe an beiden Messstationen
- Unterschiede in einzelnen Peaks erkennbar
- Pos. Inkrement = höhere PM10- Massekonzentration im Ort Melpitz im Vgl. zur TROPOS Forschungsstation
- Tendenz im Messzeitraum: pos. → neg. Inkrement

TROPOS

PM10 Masse

Inkrement Ort-Station (*Monatsmittel* + 95% Konfidenzintervall)



Schneidet das 95% Konfidenzintervall nicht die „Null- Linie“ ist der Konzentrations-unterschied zwischen den Stationen statistisch signifikant!

- PM10 Massekonzentration für Zeitraum Nov. bis März im Ort höher als an der TROPOS Forschungsstation
- April und Mai sehr ähnliche Werte an beiden Stationen
- Juni bis Oktober dagegen negatives Inkrement

➢ Jahreszeitabhängigkeit

TROPOS

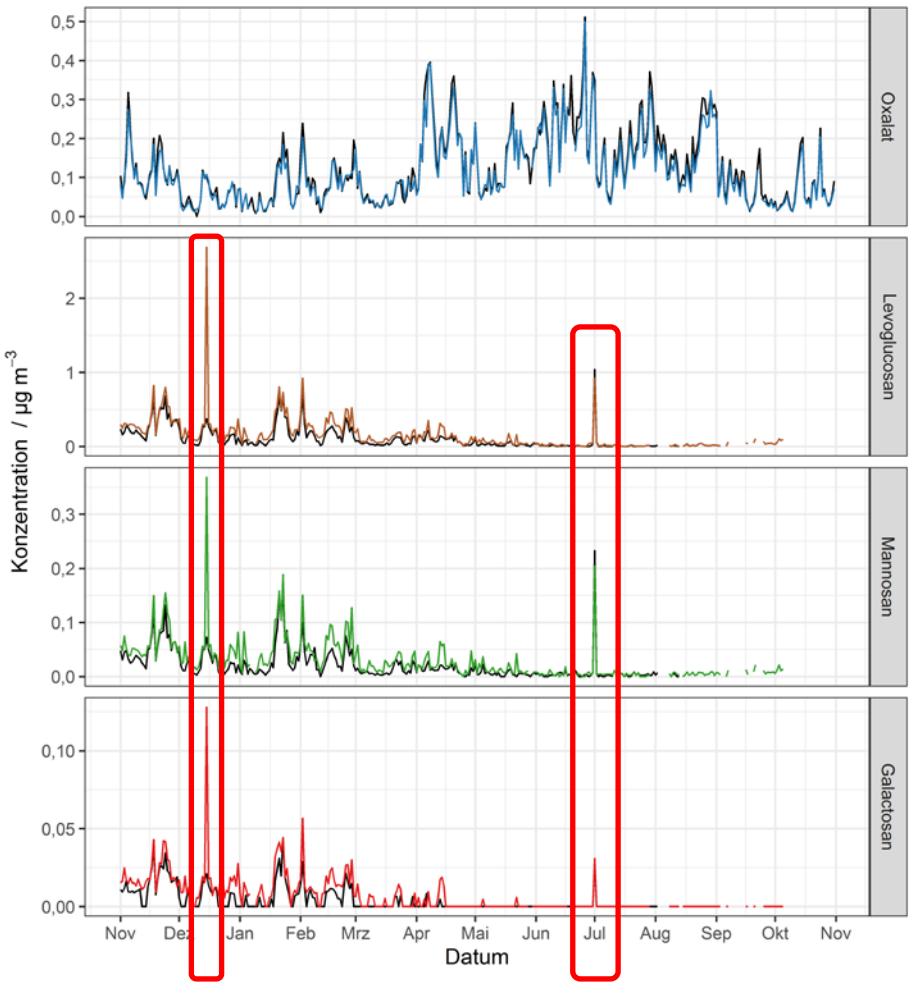
Anhydromonosaccharide+Oxalat

Levoglucosan, Mannosan,: Galactosan	Spurenbestandteile in kontinentalem PM, wichtige Bestandteile in Holzrauch, Anwendung als Holzverbrennungstracer
Oxalat:	ergänzt, als Markerverbindung für sekundär gebildetes organisches Aerosol

TROPOS

Anhydromonosaccharide+Oxalat

Zeitreihen 01.11.2018-31.10.2019



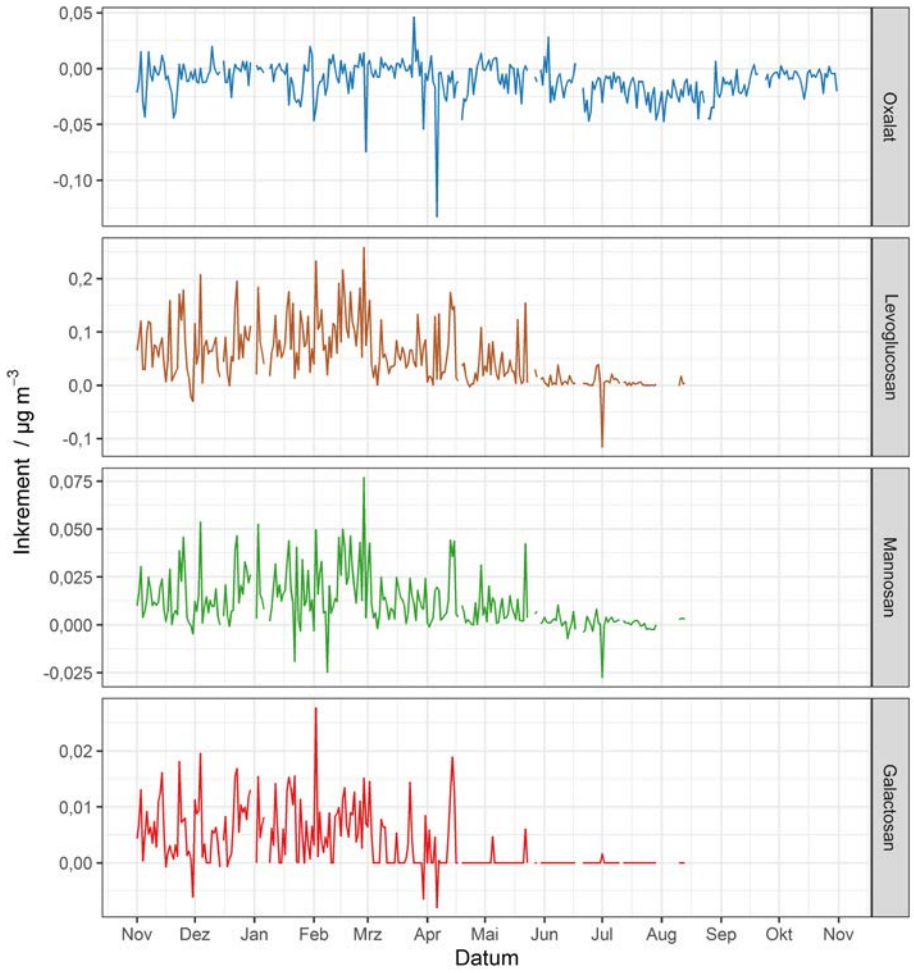
- Konzentrationsverlaufe für Oxalat absolut identisch an beiden Stationen
- Gemeinschaftliches Muster der Anhydromonosaccharide
- Unterschiede zwischen beiden Stationen für die Anhydrozucker bereits in den Zeitreihen deutlich erkennbar
- Höhere Werte im Ort vor allem im Zeitraum Nov. bis März
- In den Sommermonaten Konzentrationen nahe 0
- Auswirkungen einzelner „Events“ identifizierbar

15.12.2018 Weihnachtsmarkt im Ortskern Melpitz (Peak im Ort)
01.07.2019 Waldbrand Lübtheen (Peak im Ort und an der Station)

TROPOS

Anhydromonosaccharide+Oxalat

Inkrement Ort-Station (*Tagesmittel*)



- Lokaler Beitrag im Ort nur für die Anhydromonosaccharide erkennbar
- Inkrementberechnung bestätigt Jahreszeitabhängigkeit
- Inkremente nahe 0 nur in den Sommermonaten Juni, Juli, August

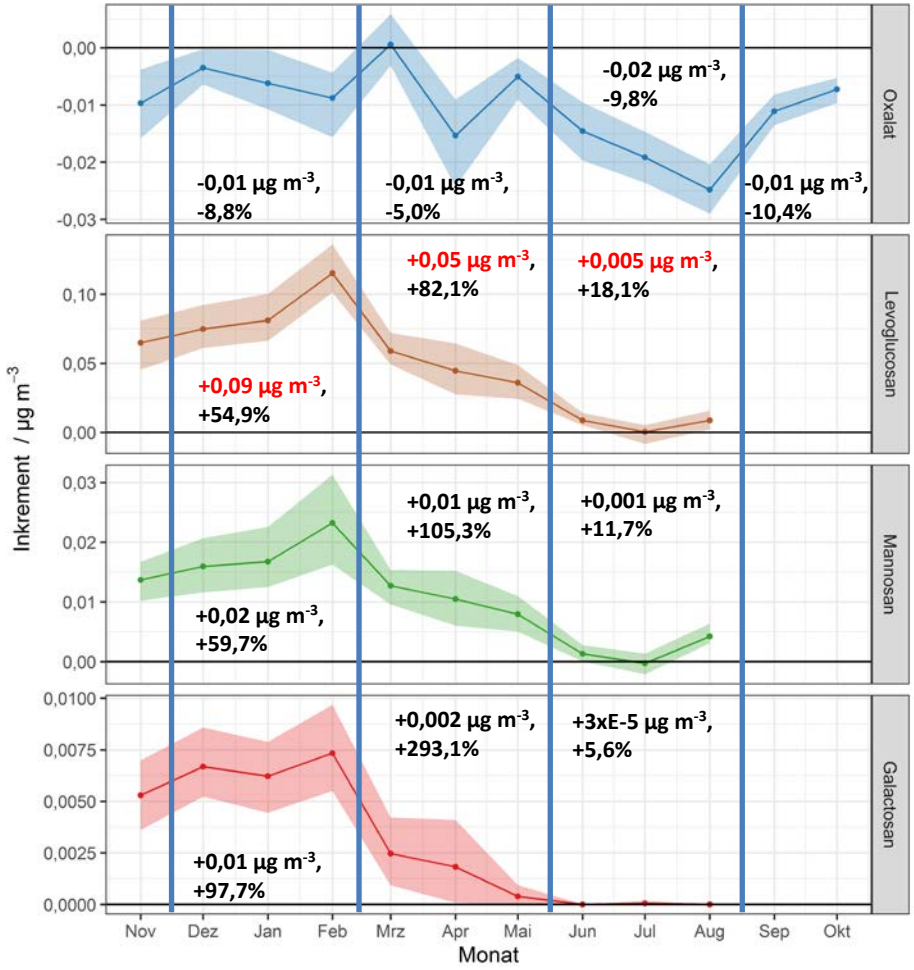
➢ Hinweis Einfluss heizen mit Festbrennstoffen

➢ Filteranalyse läuft aktuell noch…

TROPOS

Anhydromonosaccharide+Oxalat

Inkrement Ort-Station (*Monatsmittel + 95% Konfidenzintervall*)



- Monatsmittelwerte Nov. bis Mai für Levoglucosan und Mannosan statistisch signifikant höher im Ort
- Inkrement nahe 0 außerhalb der Heizperiode
- Anstieg zum Ende des Messperiode deutet sich erneut an…

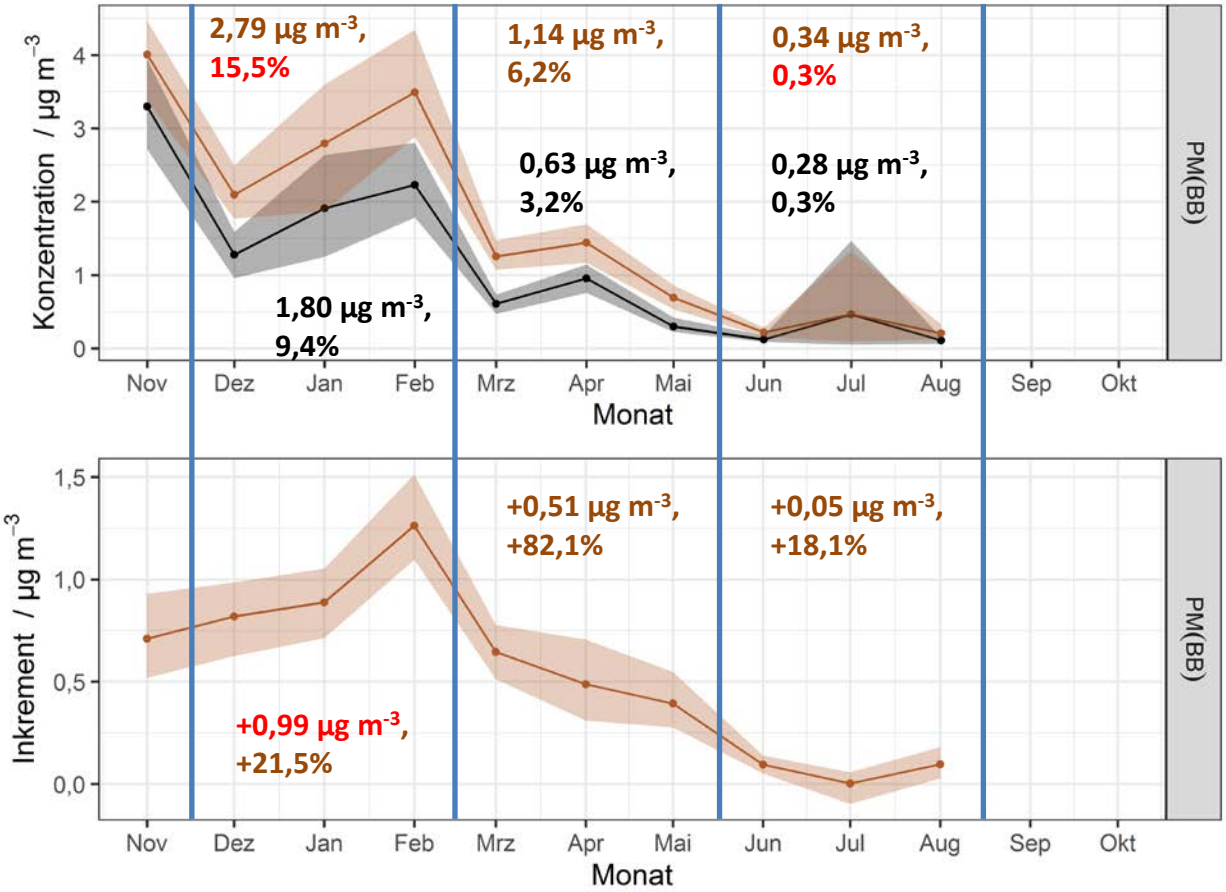
➢ Hinweis auf Holzverbrennung als Ursache

➢ Nachweis von Galactosan macht Braunkohleverbrennung als Ursache unwahrscheinlich

TROPOS

Anwendung Tracermethode zur Bestimmung des Holzverbrennungsanteils an PM10

- Konzentration Levoglucosan x 10,95 = PM10 aus Holzverbrennung (PM(BB)) (van Pinxteren et al. 2015)



Vgl. Literaturstudie:

- Sommer 2-3%
- Winter 13-14%
- ➢ Sehr gute Übereinstimmung

Vgl. Inkrement gemessen:

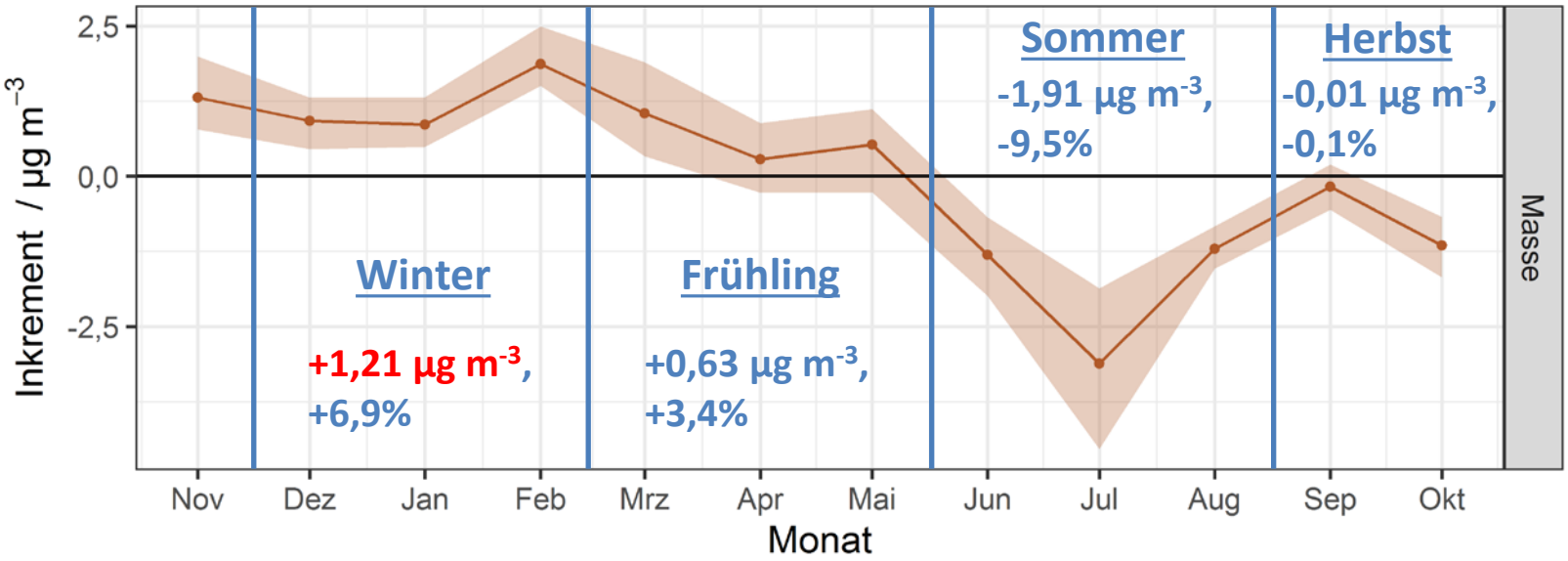
- 1,21 µg m^{-3} PM10
- ➢ Hoher Anteil Holzverbrennung

van Pinxteren et al. (2015) Aerosole zur Indikation der Luftqualität im Raum Leipzig. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

TROPOS

PM10 Masse

Inkrement Ort-Station (*Monatsmittel* + 95% Konfidenzintervall)



Schneidet das 95% Konfidenzintervall nicht die „Null- Linie“ ist der Konzentrations-unterschied zwischen den Stationen statistisch signifikant!

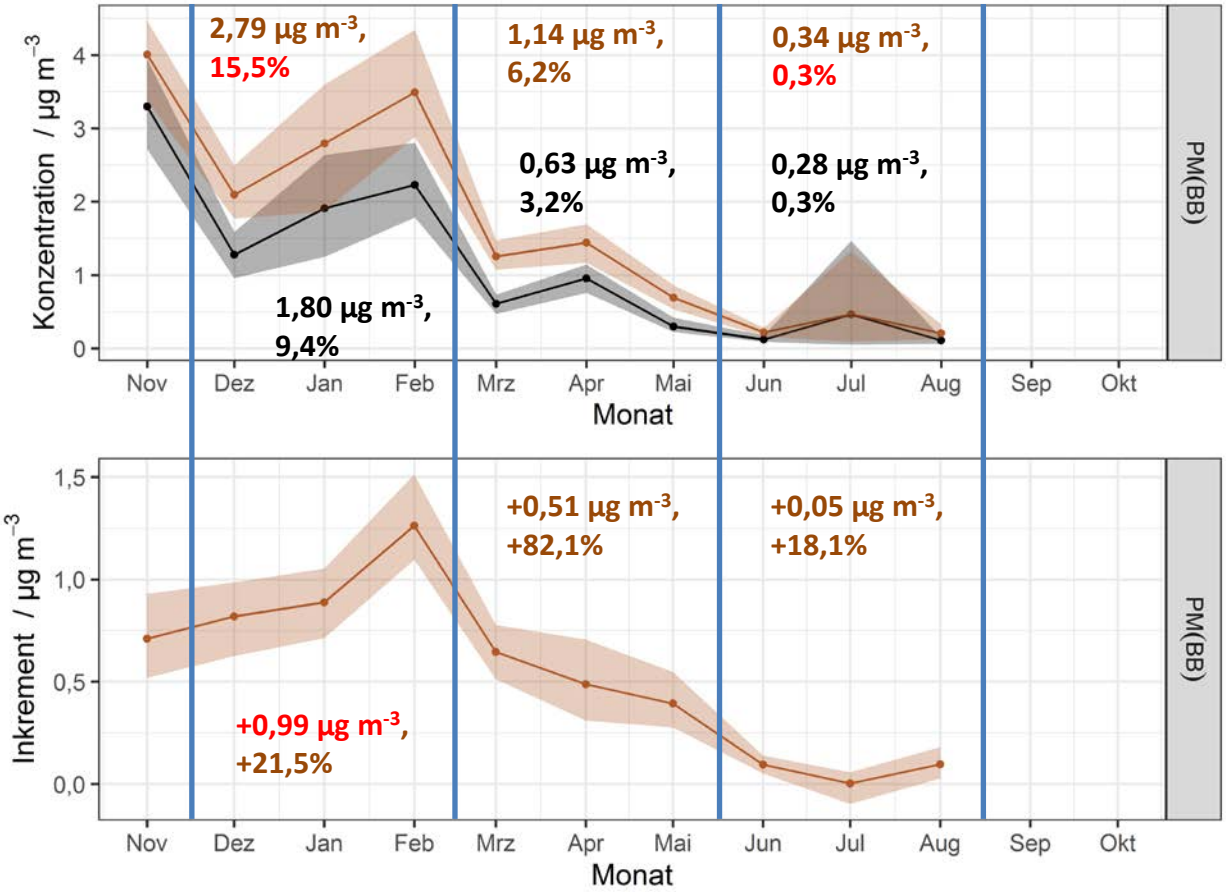
- PM10 Massekonzentration für Zeitraum Nov. bis März im Ort höher als an der TROPOS Forschungsstation
- April und Mai sehr ähnliche Werte an beiden Stationen
- Juni bis Oktober dagegen negatives Inkrement

➢ Jahreszeitabhängigkeit

TROPOS

Anwendung Tracermethode zur Bestimmung des Holzverbrennungsanteils an PM10

- Konzentration Levoglucosan x 10,95 = PM10 aus Holzverbrennung (PM(BB)) (van Pinxteren et al. 2015)



Vgl. Literaturstudie:

- Sommer 2-3%
- Winter 13-14%
- ➢ Sehr gute Übereinstimmung

Vgl. Inkrement gemessen:

- 1,21 µg m^{-3} PM10
- ➢ Hoher Anteil Holzverbrennung

van Pinxteren et al. (2015) Aerosole zur Indikation der Luftqualität im Raum Leipzig. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

TROPOS

Organischer und elementarer Kohlenstoff

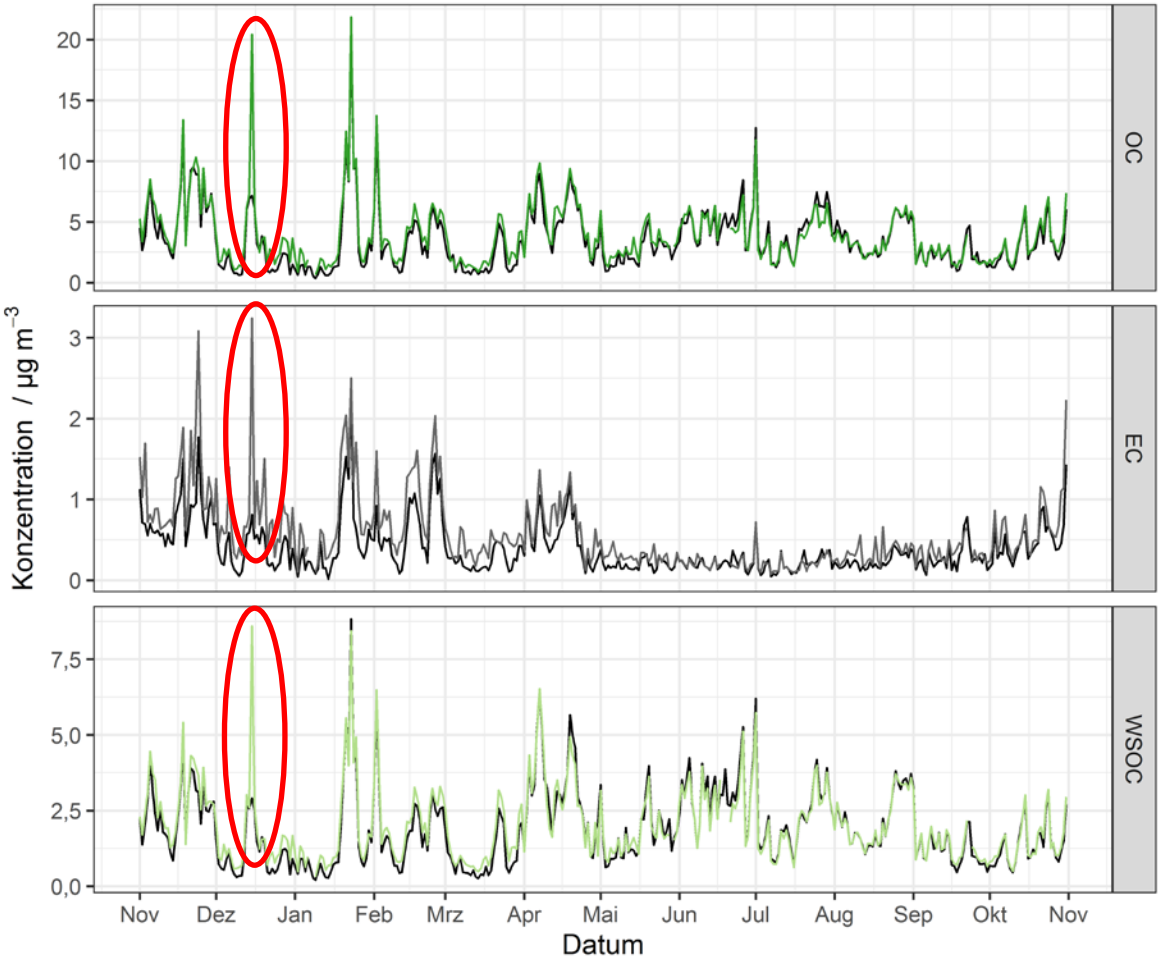
OC, EC, WSOC: Hauptbestandteile in kontinentalem PM, wichtige Bestandteile in Holzrauch

WSOC: wasserlöslicher organischer Kohlenstoff

TROPOS

OC, EC, WSOC

Zeitreihen 01.11.2018-31.10.2019

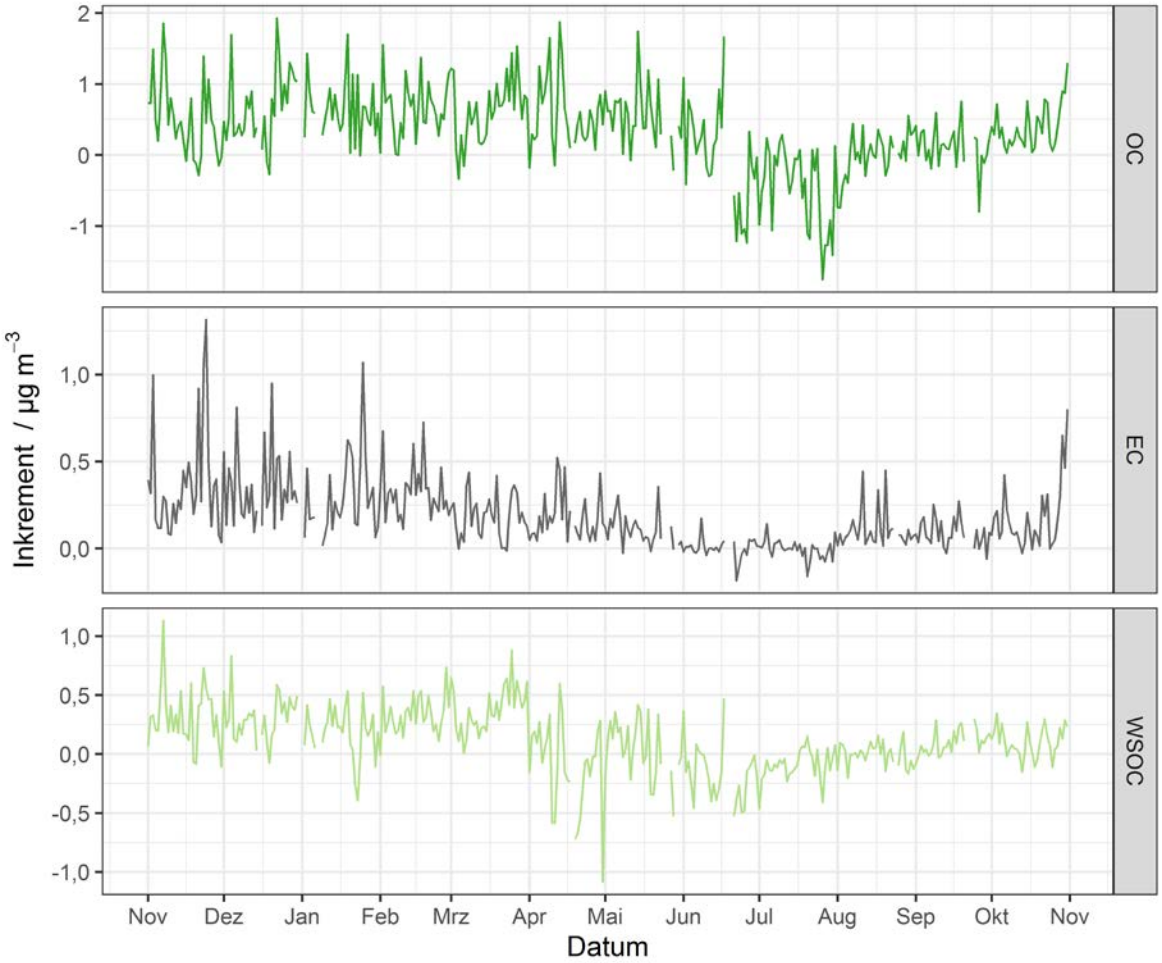


- Konzentrationsverläufe an beiden Stationen ähnlich
- Einzelne Unterschiede bereits in den Zeitreihen erkennbar
- Höhere Werte im Ort vor allem im Zeitraum Nov. Bis April
- Auswirkungen einzelner „Events“ identifizierbar → 15.12.2018 Weihnachtsmarkt im Ortskern Melpitz

TROPOS

OC, EC, WSOC

Inkrement Ort-Station (*Tagesmittel*)



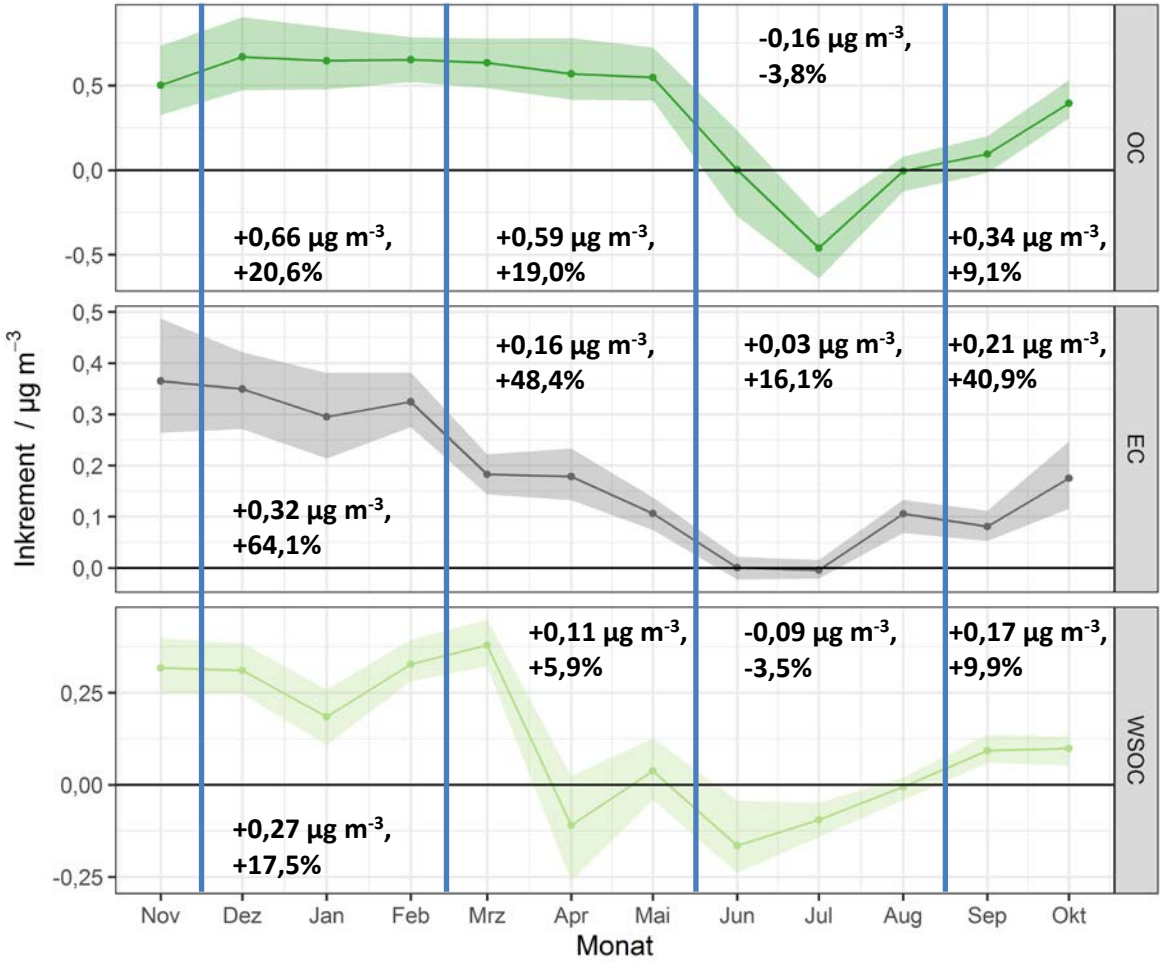
- Lokaler Beitrag im Ort deutlich erkennbar
- Inkrementberechnung bestätigt Jahreszeitabhängigkeit
- Negative bzw. Inkremente nahe 0 nur in den Sommermonaten Juni, Juli, August

➢ Hinweis Einfluss heizen mit Festbrennstoffen, da Verkehrseinfluss ganzjährig sichtbar sein müsste

TROPOS

OC, EC, WSOC

Inkrement Ort-Station (*Monatsmittel + 95% Konfidenzintervall*)



- Monatsmittelwerte Nov. bis Mai für OC und EC statistisch signifikant höher im Ort
- Keine signifikanten Unterschiede außerhalb der Heizperiode

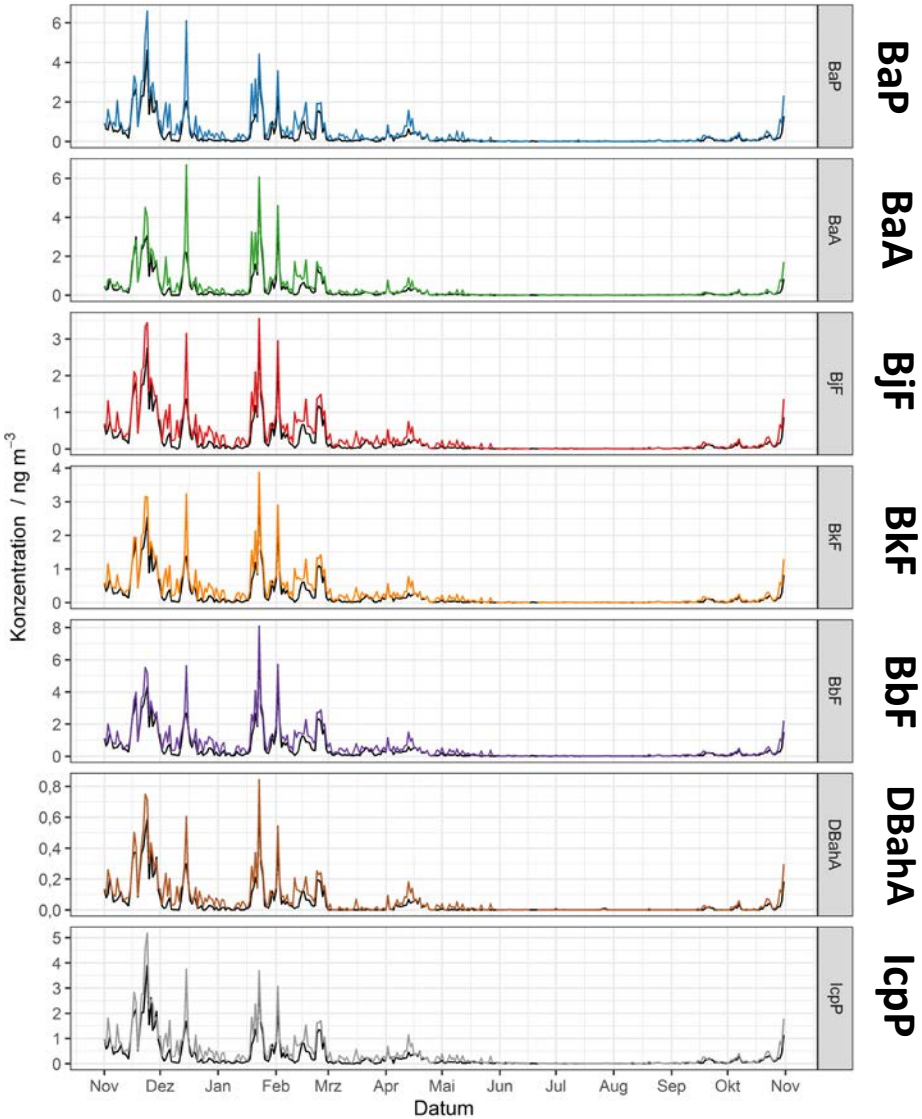
TROPOS

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

PAKs: Spurenbestandteile in kontinentalem PM,
Bestandteile in Holzrauch,
Anwendung als Holzverbrennungstracer

TROPOS

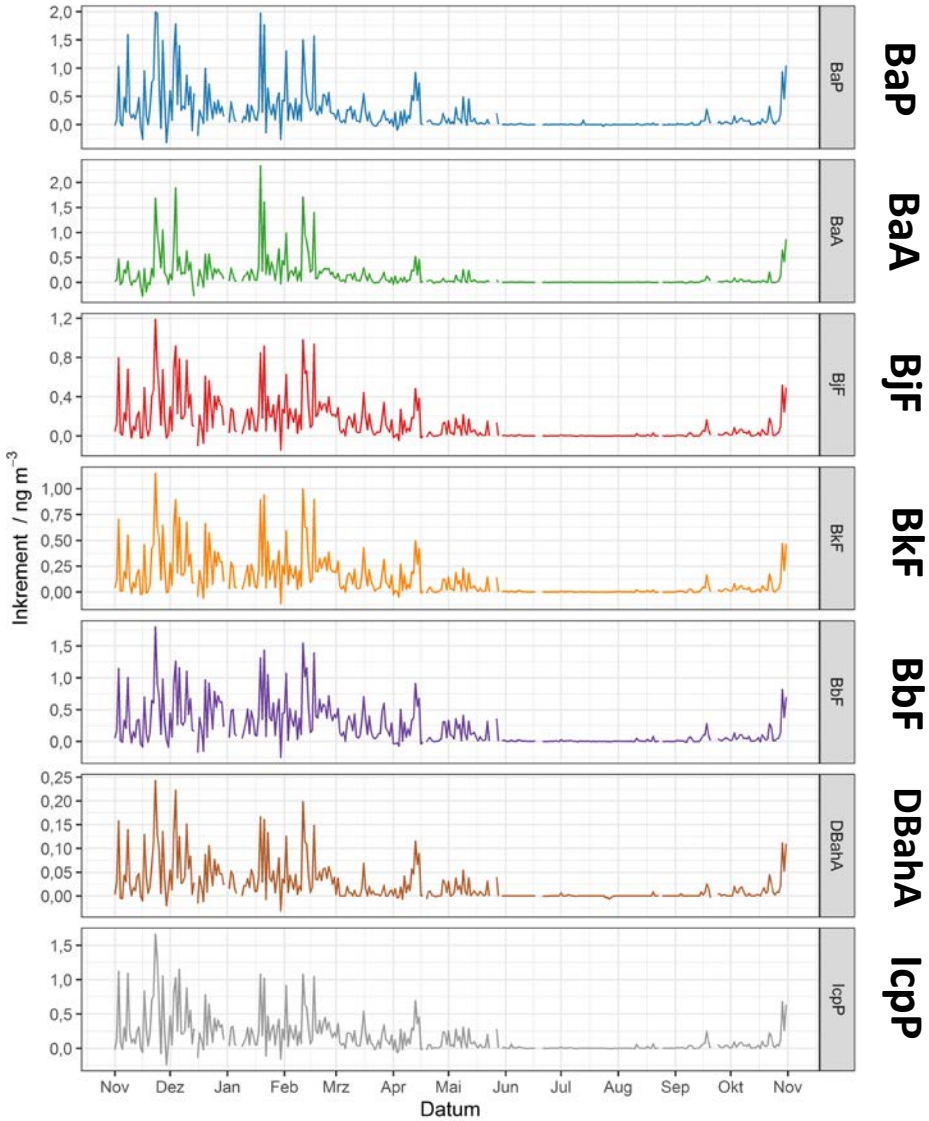
Zeitreihen 01.11.2018-31.10.2019



- Konzentrationsverläufe an beiden Stationen ähnlich
- Gemeinschaftliches Muster aller PAKs
- Unterschiede bereits in den Zeitreihen deutlich erkennbar
- Höhere Werte im Ort vor allem im Zeitraum Nov. Bis April
- In den Sommermonaten generell Konzentrationen nahe 0
- Auswirkungen einzelner „Events“ erneut identifizierbar → 15.12.2018 Weihnachtsmarkt im Ortskern Melpitz

TROPOS

Inkrement Ort-Station (*Tagesmittel*)

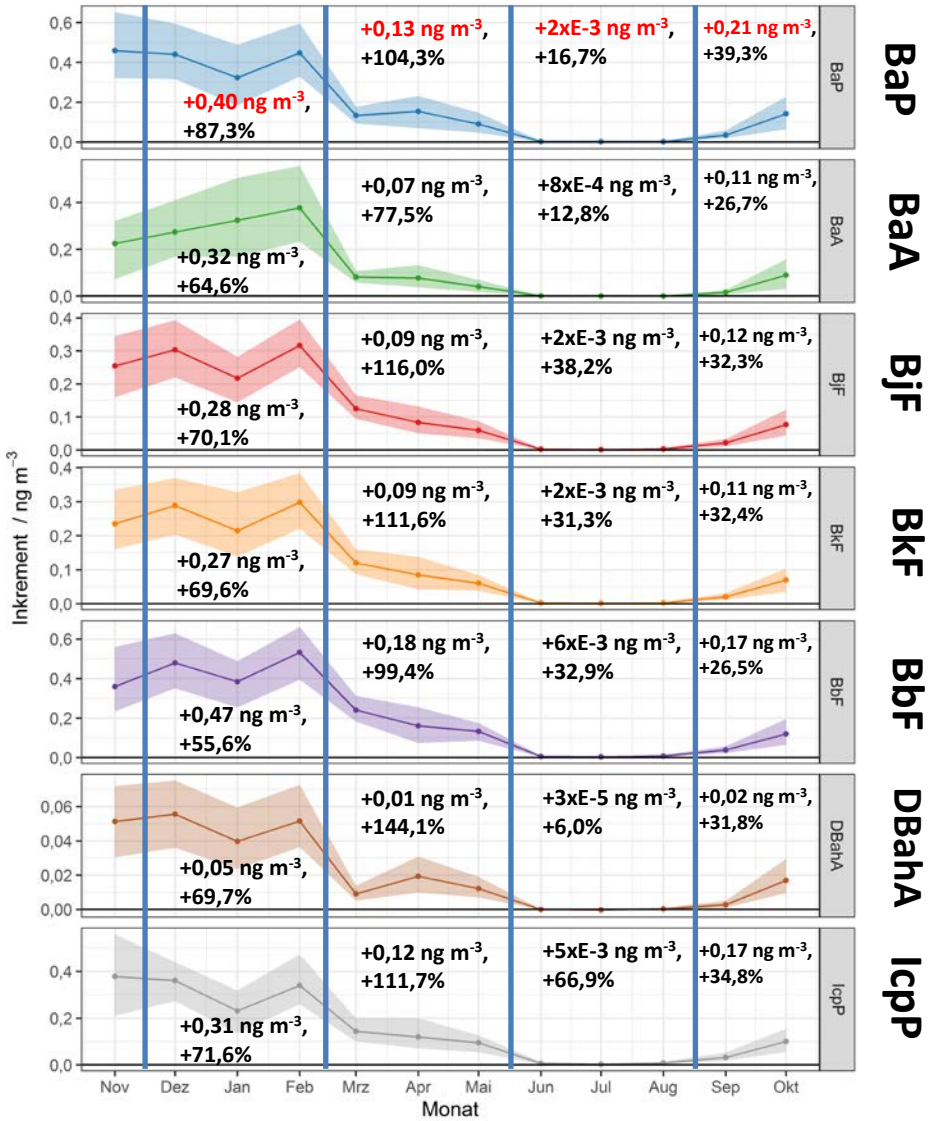


- Lokaler Beitrag im Ort deutlich erkennbar
- Inkremente bestätigen Jahreszeitabhängigkeit
- Inkremente nahe 0 nur in den Sommermonaten Juni, Juli, August

➢ Hinweis Einfluss heizen mit Festbrennstoffen, da Verkehrseinfluss ganzjährig beobachtbar sein müsste

TROPOS

Inkrement Ort-Station (*Monatsmittel + 95% Konfidenzintervall*)



- Monatsmittelwerte Nov. bis Mai für alle PAKs statistisch signifikant höher im Ort
- Inkrement 0 außerhalb der Heizperiode
- Zeigt erneuten Anstieg zum Ende des Messperiode

TROPOS

Zusammenfassung
&
vorläufige Schlussfolgerung

TROPOS

Zusammenfassung & vorläufige Schlussfolgerung

- Alle chemischen Marker für PM aus Holzverbrennung sind in Tagesproben im Ort messbar erhöht
- Abhängigkeit von der Jahreszeit bzw. der Heizperiode
- Inkrement Winter (gemessen): PM10 1,21 µg m^{-3}
- Inkrement Winter PM10 (via Tracer): PM10 0,99 µg m^{-3}
- Anteil der Holzverbrennung an Gesamt PM10 im Winter in Melpitz Ort ca. 15% (Vgl. Literatur 13-14%)
- PM-Bestandteile ohne Bezug zu Holzverbrennungsemissionen zeigen identische Konzentrationen an beiden Messstationen

➢ Messkonzept funktioniert sehr gut

➢ Zusatzbelastung aus Holzverbrennung ist bestimmbar

➢ Detaillierte Auswertungen folgen…

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

TROPOS