

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Statuskolloquium Luft
06.12.17 Dresden

Sascha Pfeifer, Honey Alas



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

TROPOS
Leibniz Institute for
Tropospheric Research

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Einleitung/Motivation

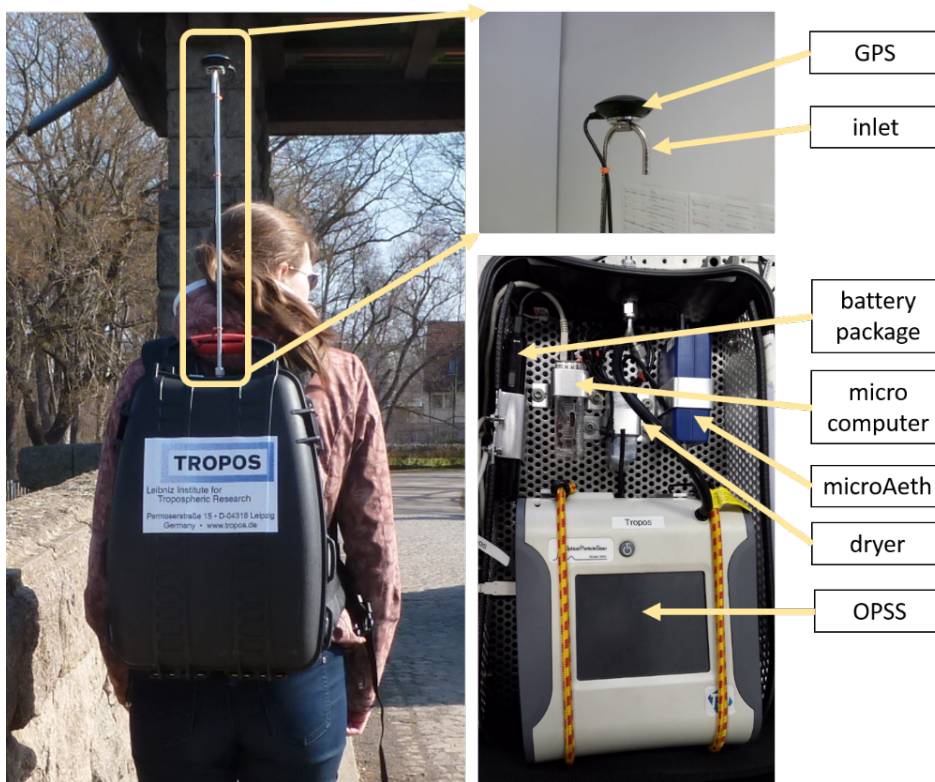


Foto: Alas, 2015

- Urbane Raum ist gekennzeichnet durch relativ hohe Feinstaubbelastung
 - PM_{2.5}/PM₁₀: Messgröße für Feinstaub mit gesetzlichen Grenzwert
 - BC: keine Grenzwerte, jedoch von hoher gesundheitlicher Relevanz
- Schadstoffkonzentration im urbanen Raum ist räumlich sehr variabel
 - Ziele der mobilen Messung:
 - Abschätzung potentieller Quellen
 - Analyse der Einflussfaktoren für die räumliche Verteilung von Luftschadstoffen
 - Datengrundlagen zur Validierung von Ausbreitungsmodellen

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Technische Daten: Messrucksack



Bildquelle: Alas, 2016

- Witterungsresistenter, stoßsicherer Hardcase Rucksack mit:
 - Rußphotometer: AE51
 - Opt. Partikelgrößenspektrometer: TSI 3330
 - GPS
 - T/Rh-Sensoren: HYT939
 - gemeinsame Datenerfassung
- Gewicht: ~8 kg
- Laufzeit: ~8 h

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Technische Daten: Instrumente und Sensorik



Foto: Pfeifer, 2017

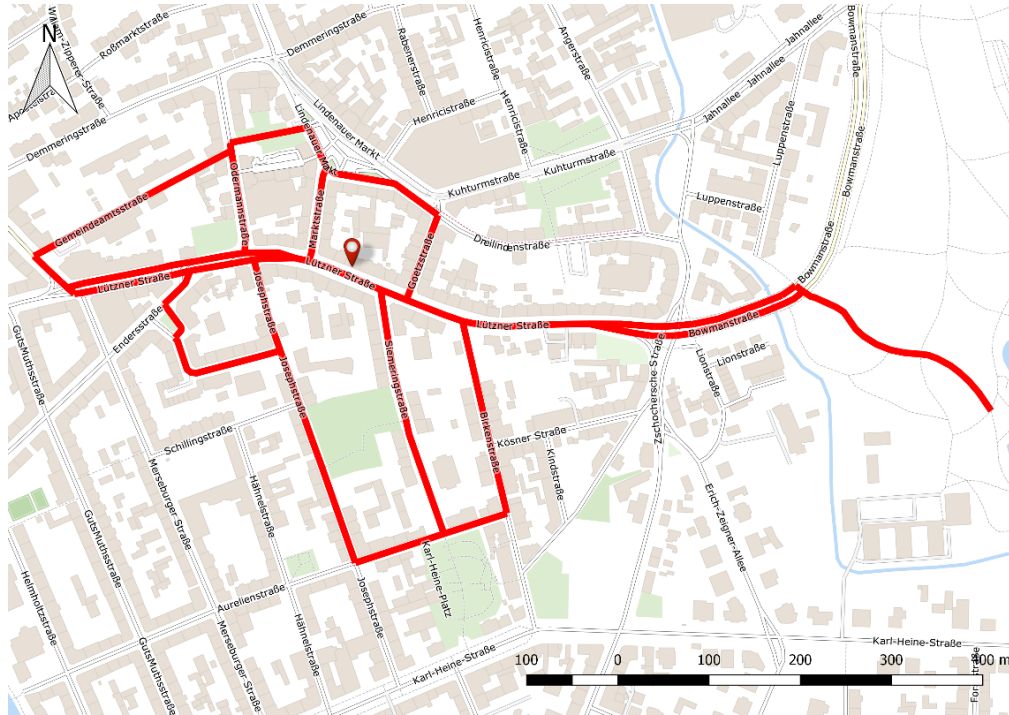


Foto: Pfeifer, 2017

- Rußphotometer AE51
 - Gewicht: 0.2kg
 - Zeitl. Auflösung: 1Hz
 - Fluss: $0.1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$
 - Untere Nachweisgrenze: $0.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$
- Opt. Partikelgrößenspektrometer TSI 3330
 - Gewicht: 1.6kg
 - Zeitl. Auflösung: 0.1Hz
 - Fluss: $1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$
 - Größenbereich: 300nm – 10 μm , 16 Kanäle

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Durchführung



- Route wird zu Beginn der Kampagne festgelegt
- Route wird mehrfach an verschiedenen Tagen abgelaufen
- Ausdehnung so gewählt, dass ein einmaliges Ablaufen bei normaler Schrittgeschwindigkeit ca. 1h benötigt
- Wenn möglich, erfassen von verkehrsarmen/-freien Gebieten (z.B. Park)

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

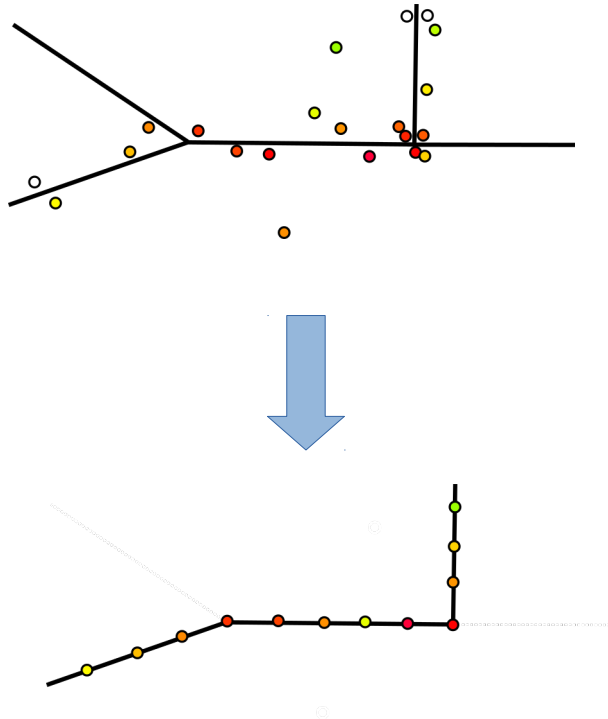
Datenprozessierung: Allgemein



1. Bereinigung und zeitliche Aggregation aller Daten mit einer Auflösung von 0.1Hz
2. "Datenwolke" wird mit Hilfe von "point-to-line-snap Verfahren" auf die festgelegte Messroute abgebildet
3. Selektion der jeweiligen Datenpunkte entsprechend gewählter Filterkriterien (z.B. spezielle Wochentage, Wetterlagen, ...)
4. Räumliche Aggregation der Datenpunkte an Koordinaten auf der Messroute mit einem Abstand von ca. 10m

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Datenprozessierung: Allgemein



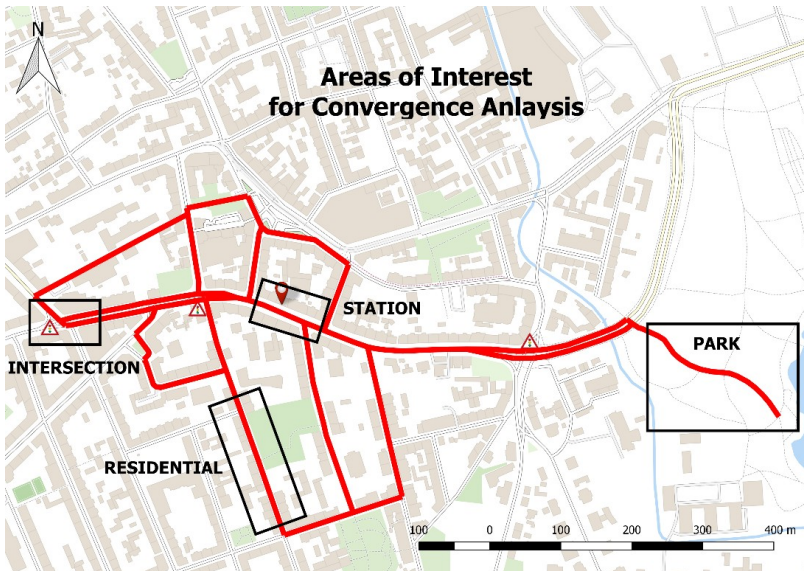
1. Bereinigung und zeitliche Aggregation aller Daten mit einer Auflösung von 0.1Hz
2. "Datenwolke" wird mit Hilfe von "point-to-line-snap Verfahren" auf die festgelegte Messroute abgebildet
3. Selektion der jeweiligen Datenpunkte entsprechend gewählter Filterkriterien (z.B. spezielle Wochentage, Wetterlagen, ...)
4. Räumliche Aggregation der Datenpunkte an Koordinaten auf der Messroute mit einem Abstand von ca. 10m

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Datenprozessierung: Konvergenzanalyse

Wie viele Läufe sind notwendig um eine repräsentative Abschätzung der mittleren Schadstoffkonzentration zu erhalten?

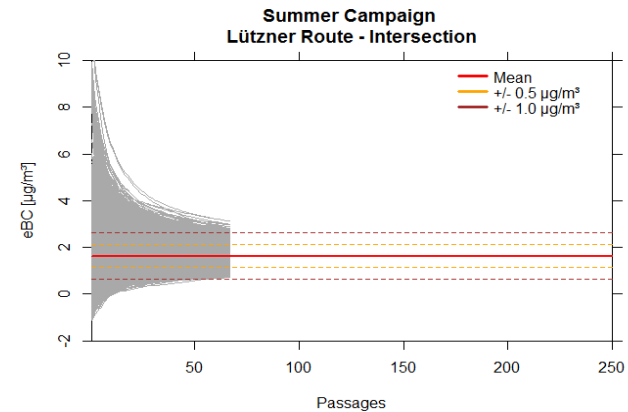
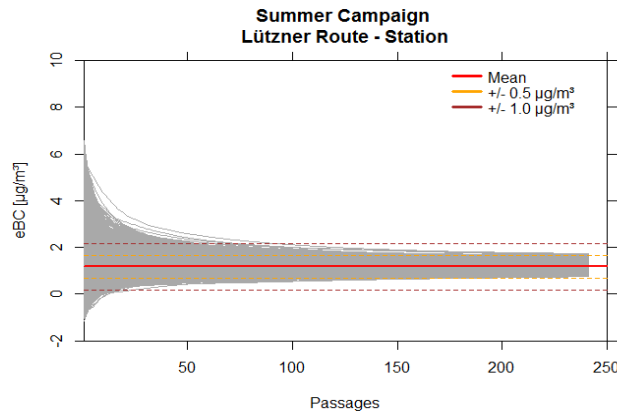
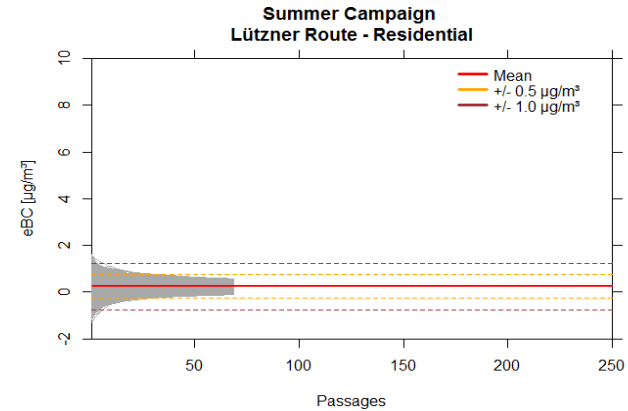
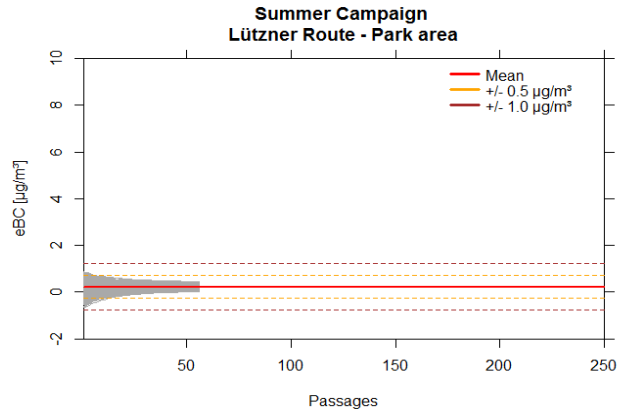
- Verwendung von Konvergenzanalyse, analog Peters et al. (2013) und van den Bosche et al. (2015), jedoch separat für unterschiedliche Streckenabschnitte



1. Bestimmung von mittleren BC (Proxy) für jede Passage eines Streckenabschnitts
2. Berechnung des kumulierten Mittelwerts für zufällig gewählte Passagen
3. Wiederholung des Verfahrens für 10000 Iterationen für hohe Anzahl an Kombinationen
4. Konvergenz ist erreicht, wenn die möglichen kumulierten Mittelwerte nur noch in einem Bereich von ± 0.5 vom gesamten Mittelwert variieren

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Datenprozessierung: Konvergenzanalyse



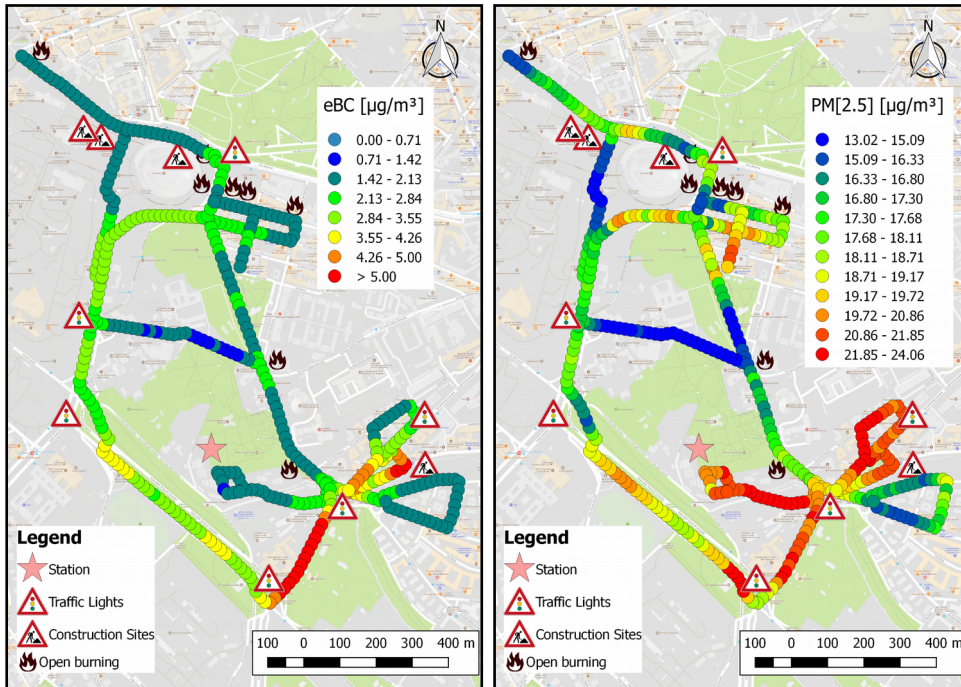
Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: Metro Manila Aerosol Characterization Experiment, Philippinen (2015)

- Schadstoffkartierung in Manila, März-Juni 2015
- 1 Rucksack (Prototyp)
- Schwerpunkte:
 - Analyse von Hotspots für BC
 - Räumliche und zeitliche Variabilität von BC in einer „Megacity“
- Machbarkeitsstudie für mobile Messungen
 - Analyse von Schwachpunkten in der Messtechnik
 - Entwicklung der Datenprozessierung

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: Carbonaceous Aerosol in Rome Environs, Italien (2017)



- Schadstoffkartierung in Rom, Februar 2017
 - Fokus auf zeitliche Variabilität
 - Rush hour vs. Mittagszeit
 - Wochentag vs. Wochenende
- Parallele Messung mit zwei identischen Rucksäcken (v2.0)
 - Analyse der (mobilen) Gerätevariabilität
 - Erhöhte Datendichte für bessere Repräsentativität
- Stetiger Vergleich mit stationären Referenzinstrumenten

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: Carbonaceous Aerosol in Rome Environs, Italien (2017)

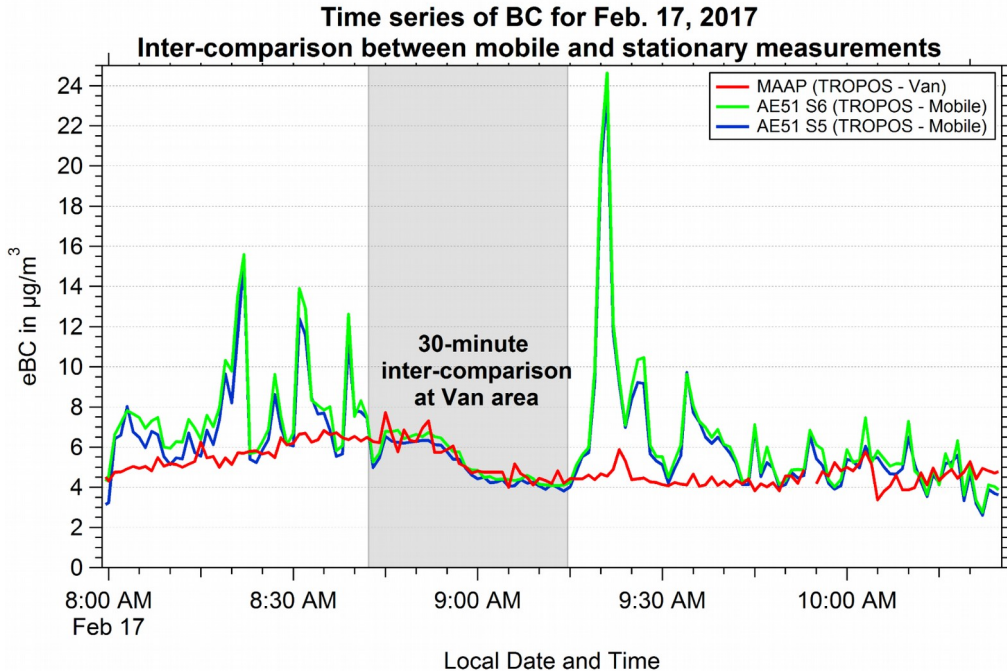


Foto: Alas, 2017

- Schadstoffkartierung in Rom, Februar 2017
 - Fokus auf zeitliche Variabilität
 - Rush hour vs. Mittagszeit
 - Wochentag vs. Wochenende
- Parallele Messung mit zwei identischen Rucksäcken (v2.0)
 - Analyse der (mobilen) Gerätevariabilität
 - Erhöhte Datendichte für bessere Repräsentativität
- Stetiger Vergleich mit stationären Referenzinstrumenten

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: Carbonaceous Aerosol in Rome Environs, Italien (2017)



- Schadstoffkartierung in Rom, Februar 2017
 - Fokus auf zeitliche Variabilität
 - Rush hour vs. Mittagszeit
 - Wochentag vs. Wochenende
- Parallele Messung mit zwei identischen Rucksäcken (v2.0)
 - Analyse der (mobilen) Gerätevariabilität
 - Erhöhte Datendichte für bessere Repräsentativität
- Stetiger Vergleich mit stationären Referenzinstrumenten

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: „Ruß-Luftqualität-Klimawandel“ (2016) – Übersicht



Foto: Alas, 2015



Foto: Alas, 2015

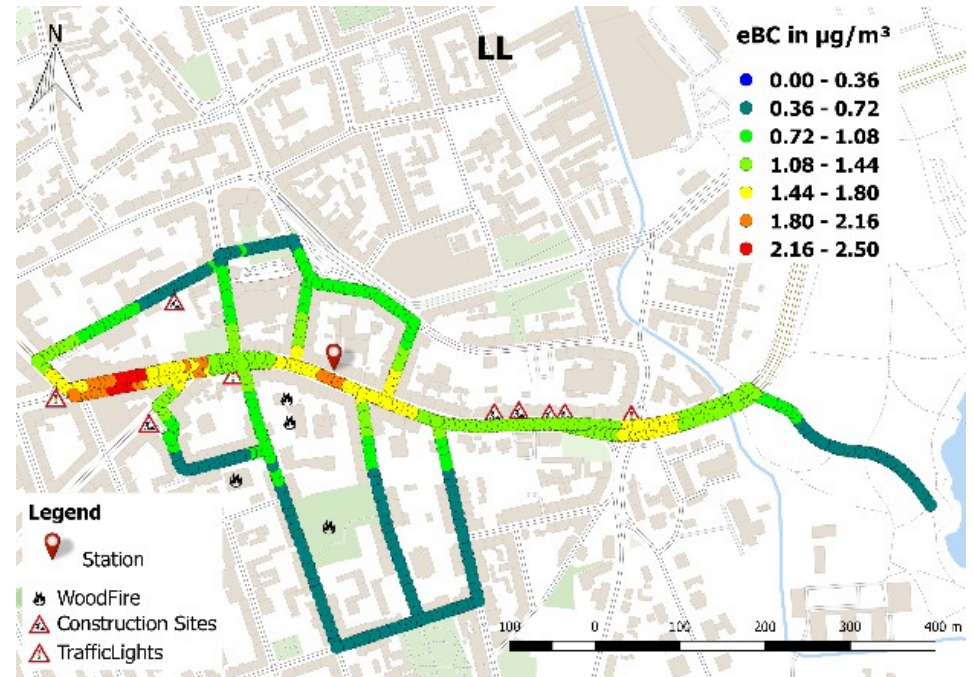
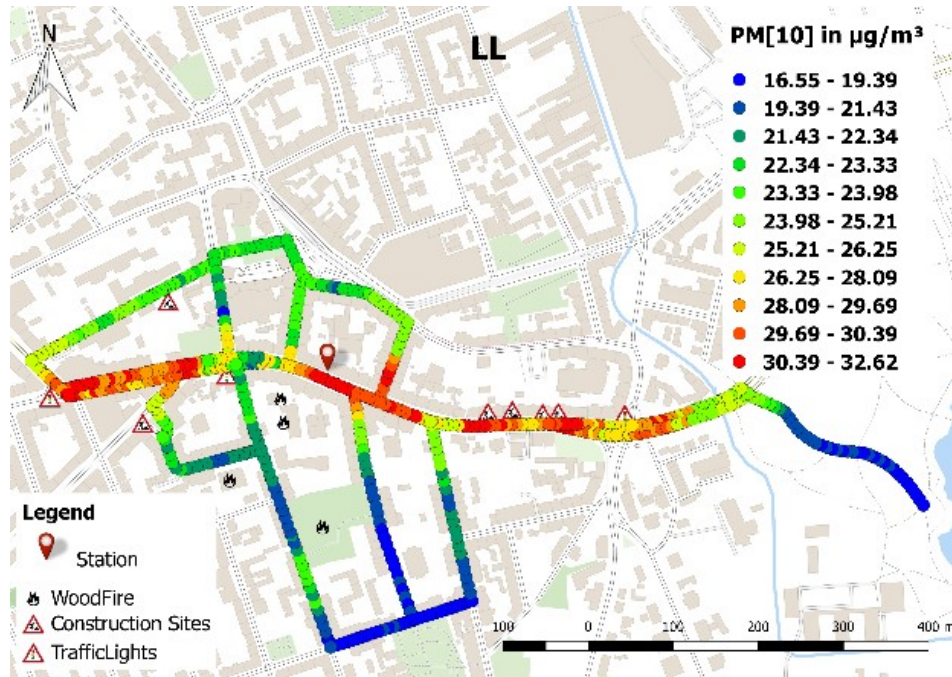


Foto: Alas, 2015

- Schadstoffkartierung im nahen Umfeld von Messstationen:
 - Leipzig – Lützner Str.
 - Dresden – Nord
 - Dresden – Winckelmannstr.
- Schwerpunkte:
 - saisonale Variabilität
 - Einfluss der Anströmung
 - Analyse von Hotspots und potentiellen Quellen

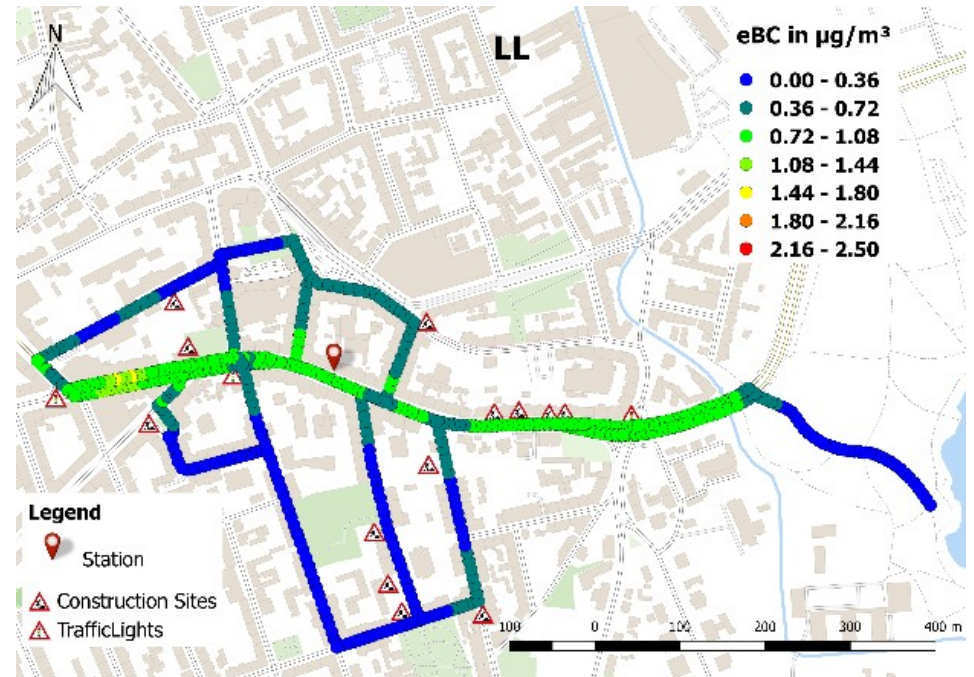
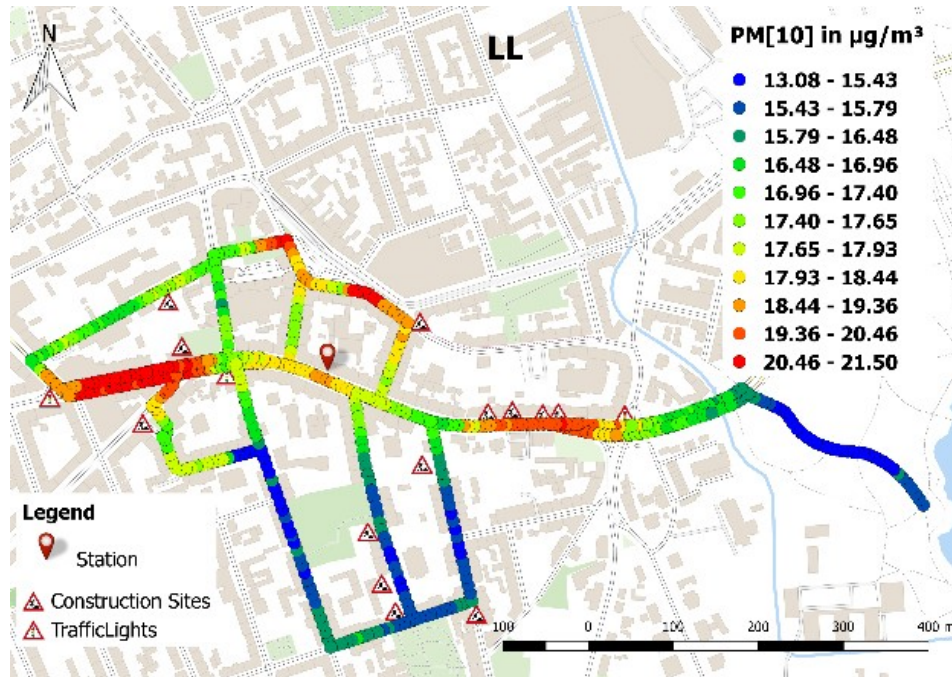
Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: „Ruß-Luftqualität-Klimawandel“ (2016) – Übersicht (Winter)



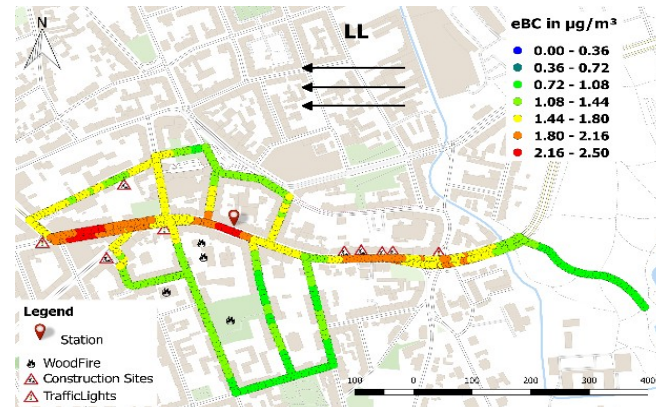
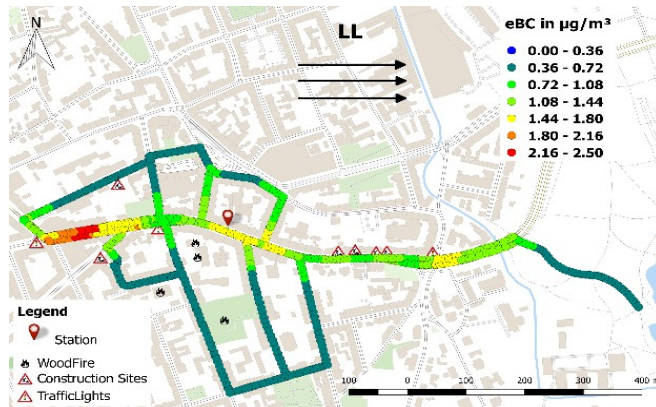
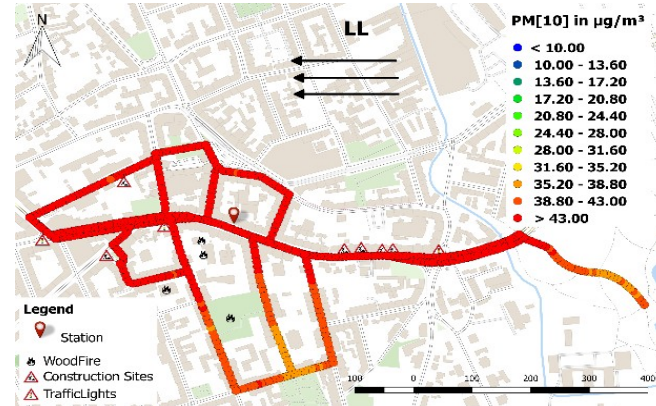
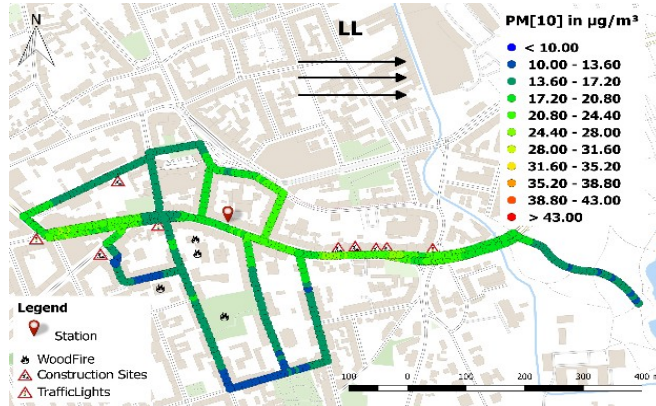
Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: „Ruß-Luftqualität-Klimawandel“ (2016) – Übersicht (Sommer)



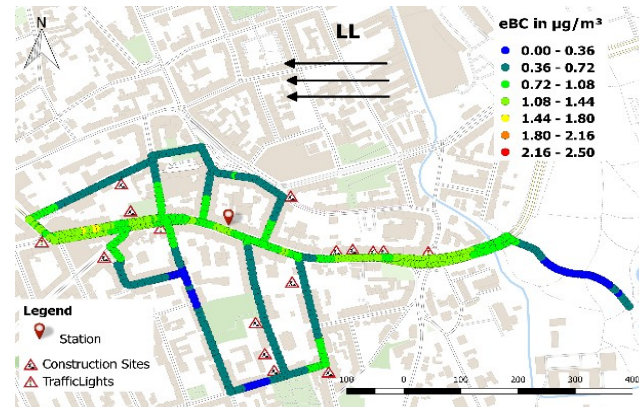
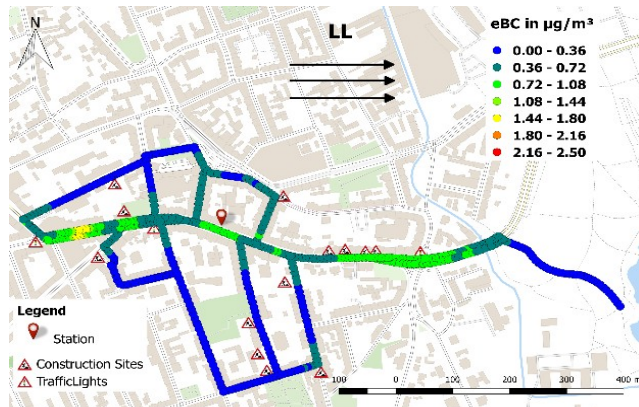
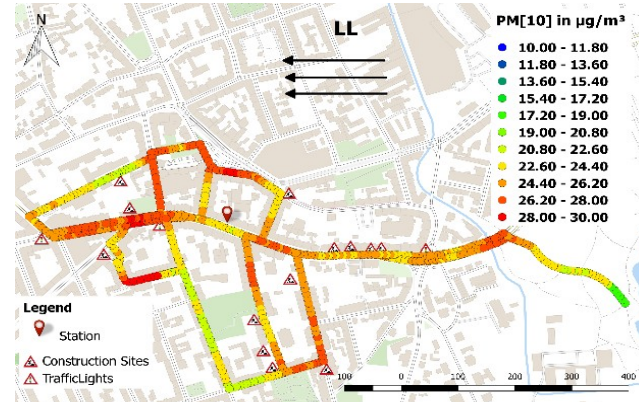
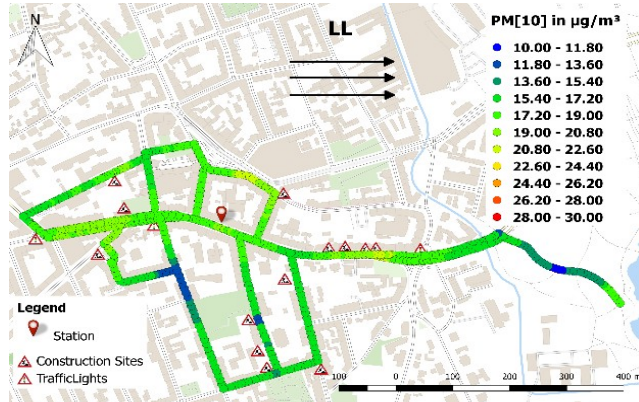
Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: „Ruß-Luftqualität-Klimawandel“ (2016) – Einfluss der Anströmung (Winter)



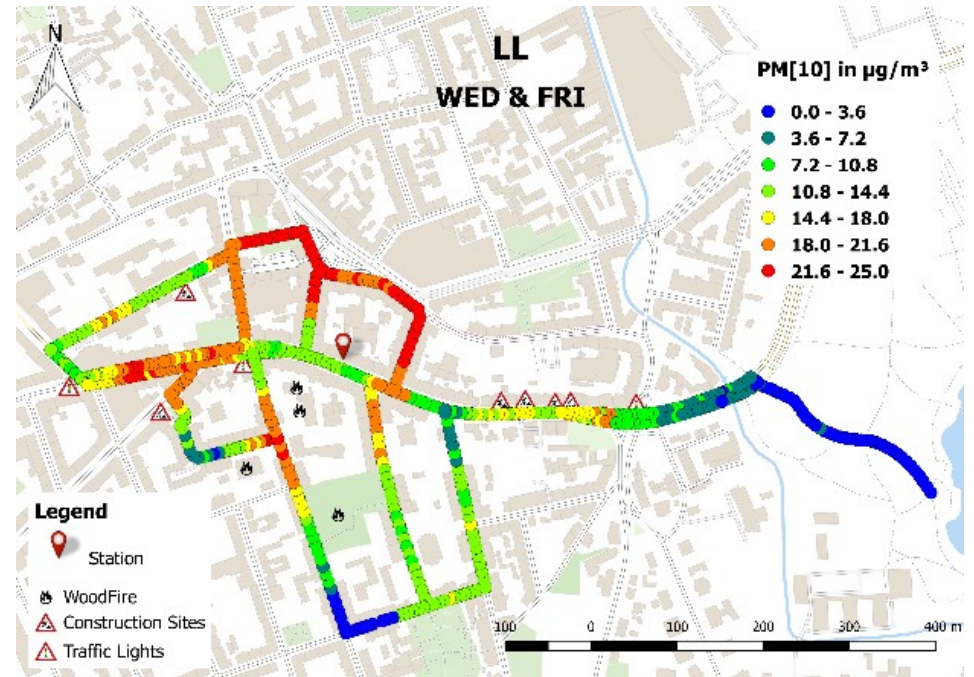
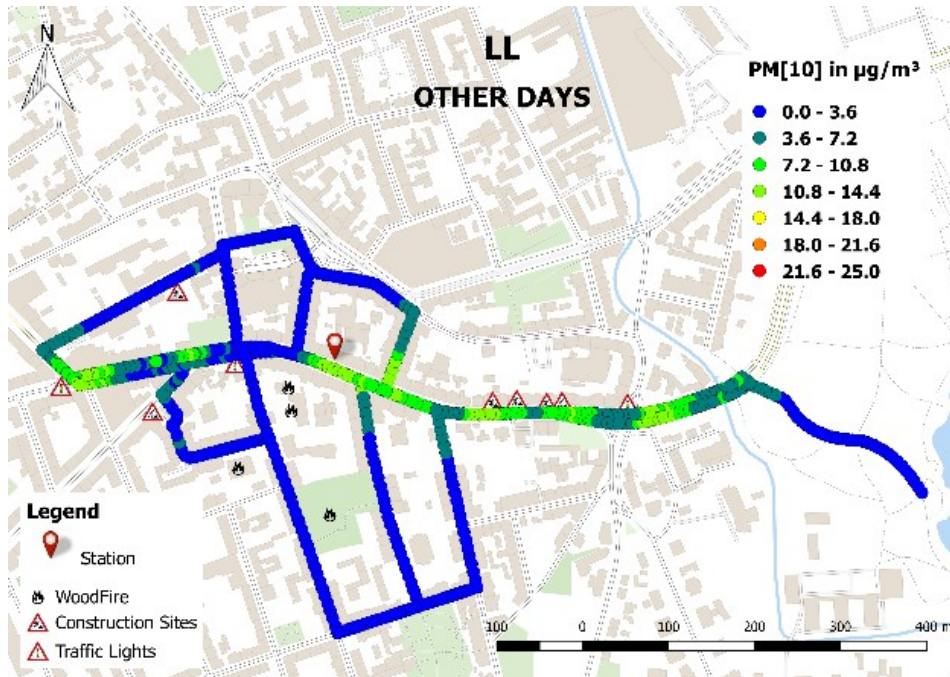
Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: „Ruß-Luftqualität-Klimawandel“ (2016) – Einfluss der Anströmung (Sommer)



Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: „Ruß-Luftqualität-Klimawandel“ (2016) – spezielle Wochentage (Sommer)



Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Beispiele: „Ruß-Luftqualität-Klimawandel“ (2016) – Zusammenfassung

- Quellen: Analyse durch Berechnung lokaler Inkremente (ähnlich Lenschow)
 - BC: Verkehr
 - räumliche Variabilität > großskaliger Einfluss (Saison und Windrichtung)
 - Quellen für BC sind zumeist lokal (60-70%) und nahezu konstant
 - PM2.5/10: Verkehr, Baustellen, sonstige (Markttage, Schreinerei)
 - räumliche Variabilität < großskaliger Einfluss (Saison und Windrichtung)
 - Quellen für PM sind nur teilweise lokal (30-35%) mit höherem Anteil an Ferneintrag
- Sonstige Einflussgrößen
 - Räumliche Verteilung abhängig von der Anströmung durch Windabschattung/Rezirkulationseffekte, verstärkt bei Inversionswetterlagen
 - Offene Abschnitte in der Bebauung (Frischluftschneisen) weisen geringere Werte auf
 - Abschnitte mit stockendem bzw. zähfließendem Verkehr (Kreuzungsbereich mit Ampelanlagen) weisen höhere Werte auf

Mobile Messungen von Ruß (BC) und Partikelgrößenverteilung im urbanen Raum

Zusammenfassung

- mobile Messungen ermöglichen einen einzigartigen Einblick in die räumliche Verteilung von Luftschadstoffen im urbanen Raum, und bilden eine essentielle Grundlage zur Validierung für Ausbreitungsmodelle
- Qualitätssichernde Maßnahmen sind ein wichtiger Baustein
 - Meßtechnik: Referenz- und Unit-to-unit-Vergleich, ...
 - Datenprozessierung: Konvergenzanalysen, ...
- Nachteile:
 - Arbeits- und insb. personalintensive Messmethode
 - Relativ schlechte Zeitauflösung
 - Limitierte statistische Repräsentativität
- Geplante Optimierung:
 - Erhöhung der Gesamtanzahl der Messrucksäcke auf 5
 - Verwendung von portablen Mehrwellenlängen-Absorptionsphotometer (AethLabs MA-200)
 - Diverse technische Verbesserungen (Sensorik, GPS-Empfänger, Laufzeit, Gewicht)

Vielen Dank!