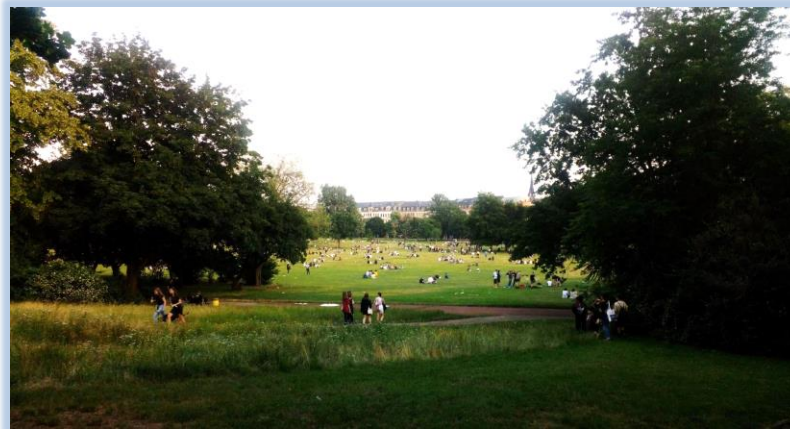


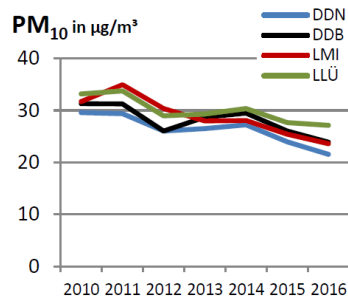
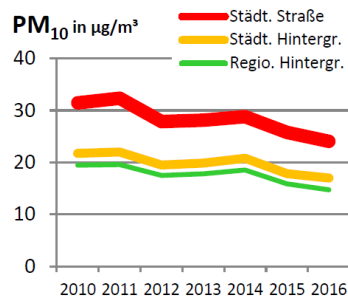


Mobile Messungen zur Charakterisierung des Freitag/Samstagabendeffektes in Leipzig und Dresden

Jens Voigtländer, Dominik van Pinxteren, Hartmut Herrmann, Alfred Wiedensohler

Einleitung

- Abnehmende Partikelkonzentrationen in den letzten 10 bis 15 Jahren (Umweltzonen, Rasch et al., 2013; Löschau, G., 2017)
- Verursacht durch abnehmende Verkehrsemissionen
- Relativer Anteil anderer Quellen steigt an (z.B., Holzverbrennung, Mothes et al., 2020, van Pinxteren et al., 2020)



Quelle: Abschlussbericht „Environmental zone Leipzig“, LfULG, 2017



TROPOS

Einleitung – Freitag/Samstag-Abendeffekt

- Beobachtung an verschiedenen sächsischen Messstationen: höhere Immissionen an Freitag- und Samstag Abenden, besonders im Sommer
- Insbesondere höhere Partikel Konzentrationen im ultrafein-Mode ($<300\text{ nm}$ -> PM1 und BC), aber auch sichtbar in den PM10 Messungen
- Effekt nicht durch Verkehrsemissionen erklärbar
- Hypothese: Effekt verursacht durch Freizeitaktivitäten (Grills, Feuerschalen)?

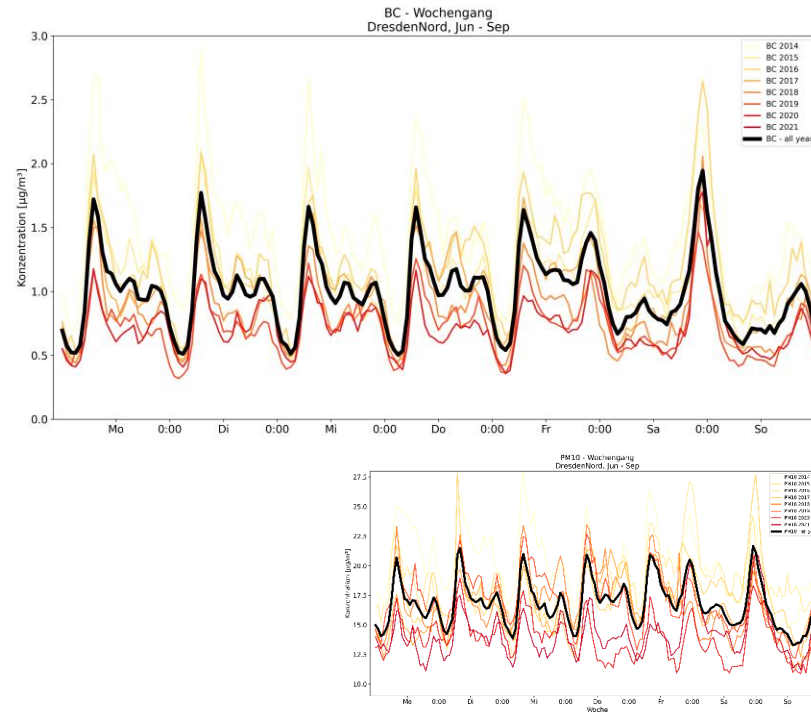


Abb.: mittlere Wochengänge der BC (oben) und PM10 (rechts) Konz. (Dresden-Nord) verschiedener Jahre, Daten: <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/Recherche.aspx>

Einleitung

- 2 explorative Studien:
 - Leipzig Gohlis (Sep. 2020)
 - Dresden-Neustadt (Jun. – Sep. 2021)
- Mobile Messungen:
 - Partikel-Anzahl-Größenverteilung und Ruß
 - Filtermessungen zur Analyse von Holzverbrennungs-Tracern (Levoglucosan) und
- Messungen überwiegend an Freitag- und Samstagabenden



Abb.: Alaunpark (Foto: TROPOS)

Einleitung

- 2 mobile Rucksacksysteme:
 - „groß“ (8kg): TSI3330 OPS, AE51 Aethalometer, Silika-Gel Trockner)
 - „klein“ (2kg): opt. PM-Sensor, MA200 Aethalometer, Einlass-Heizung (Trocknung), Echtzeit Datenzugriff, meteorol. Sensor
 - Parallelbetrieb beider Systeme
- 2 mobile Filtersammler (10 l/min),
Sammelzeit: je 2 Stunden (entspr. 1 Messrunde mit dem Rucksack)



Abb.: Mobile Messsysteme des TROPOS.

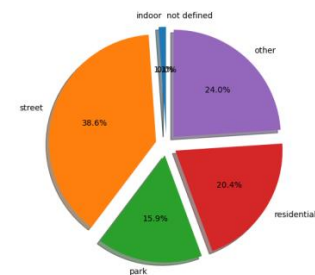
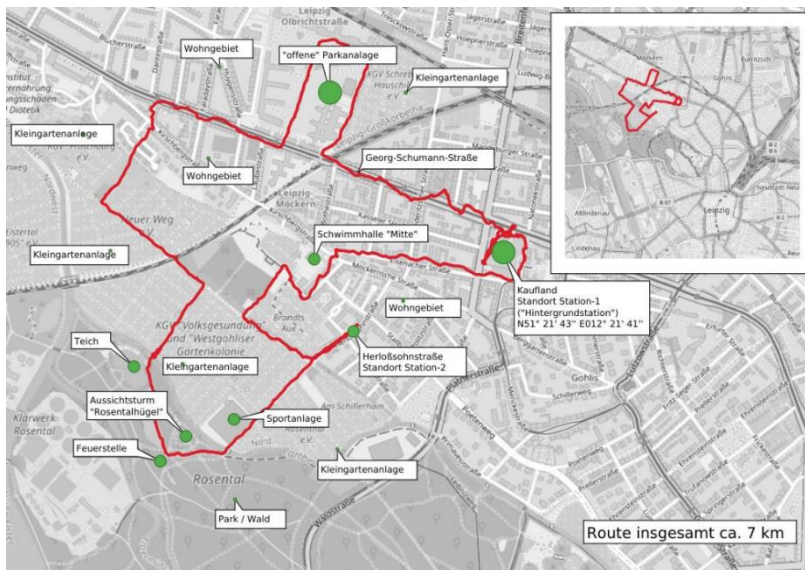


Leipzig-Gohlis-Studie

- Messungen im Nord-Westen von Leipzig (Stadtteil Gohlis)
- 10 Messtage insgesamt (5 mit Filtermessungen)
- ~60 Stunden mobile Messungen
- 30 Stunden Filtermessungen
- Route Mischung aus Straße, Wohngebiet und Kleingärten/Parks

Quelle Kartenmaterial (gesamter Vortrag): ©
OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz,
www.openstreetmap.org/copyright)

Abb.: Übersicht über die
Messungen in Leipzig-Gohlis.



TROPOS

No.	Date	Backpack	Filter	Comment
1	11-Sep-2020 (Fri)	2x	2x	high temperature, OPS3330 only partially
2	12-Sep-2020 (Sat)	3x	3x	high temperature
3a	13-Sep-2020 (Sun)	2x	-	Morning measurement
3b	13-Sep-2020 (Sun)	3x	3x	high temperature
4	14-Sep-2020 (Mon)	2x	-	High temperature
5	15-Sep-2020 (Tue)	3x	3x	High temperature
6	18-Sep-2020 (Fri)	3x	2x	warm, only 1 filter sampler
7	19-Sep-2020 (Sat)	3x	3x	Warm
8	21-Sep-2020 (Mon)	4x	-	Warm
9	25-Sep-2020 (Fri)	5x	-	Cold
10	19-Oct-2020 (Mon)	3x	-	Cold, OPS3330 only partially

Leipzig-Gohlis-Studie

- Messroute (ca. 7 km)
Mischung aus verkehrsnahen
Abschnitten, Wohngebieten
und Kleingärten/Parks

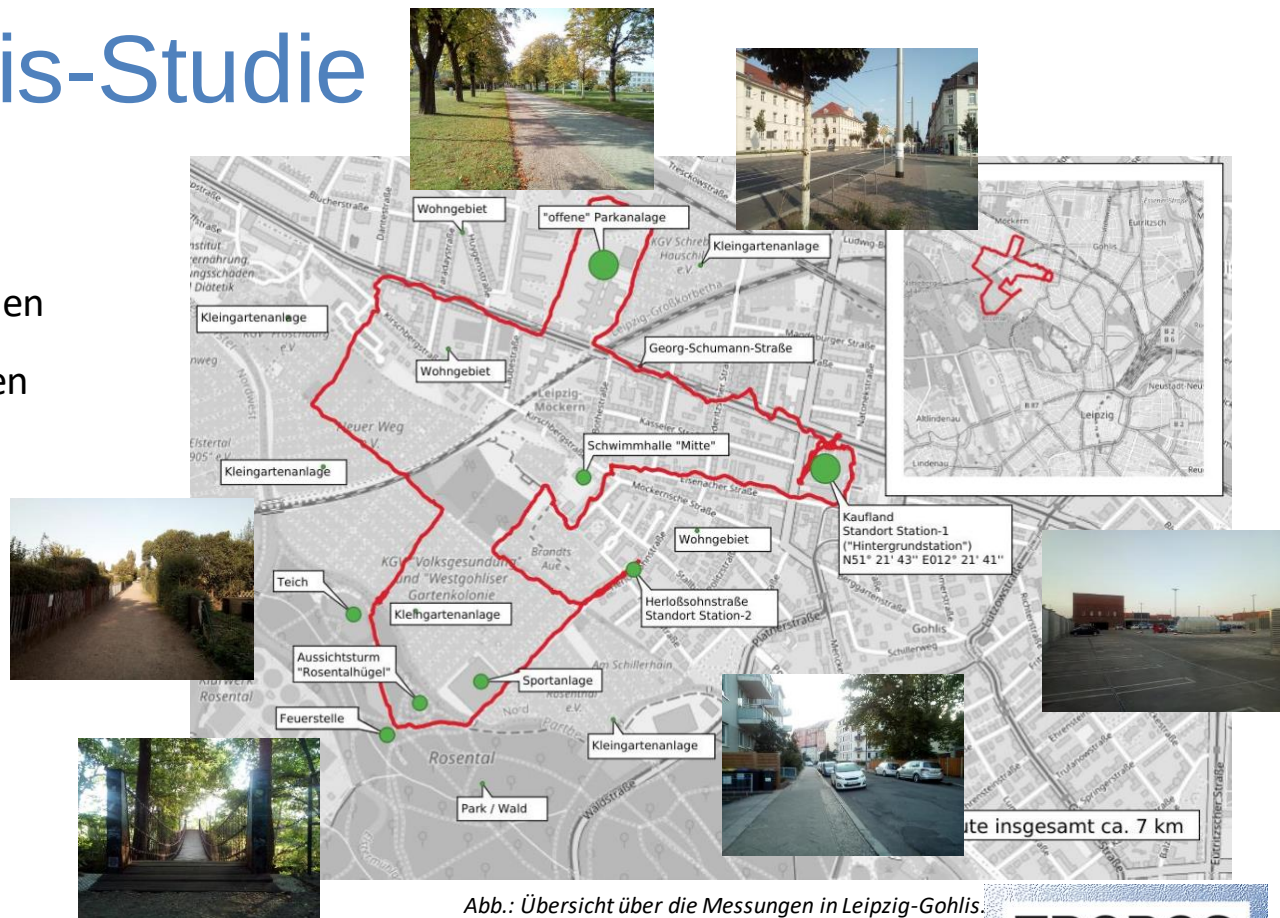
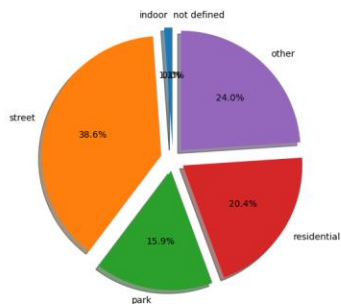
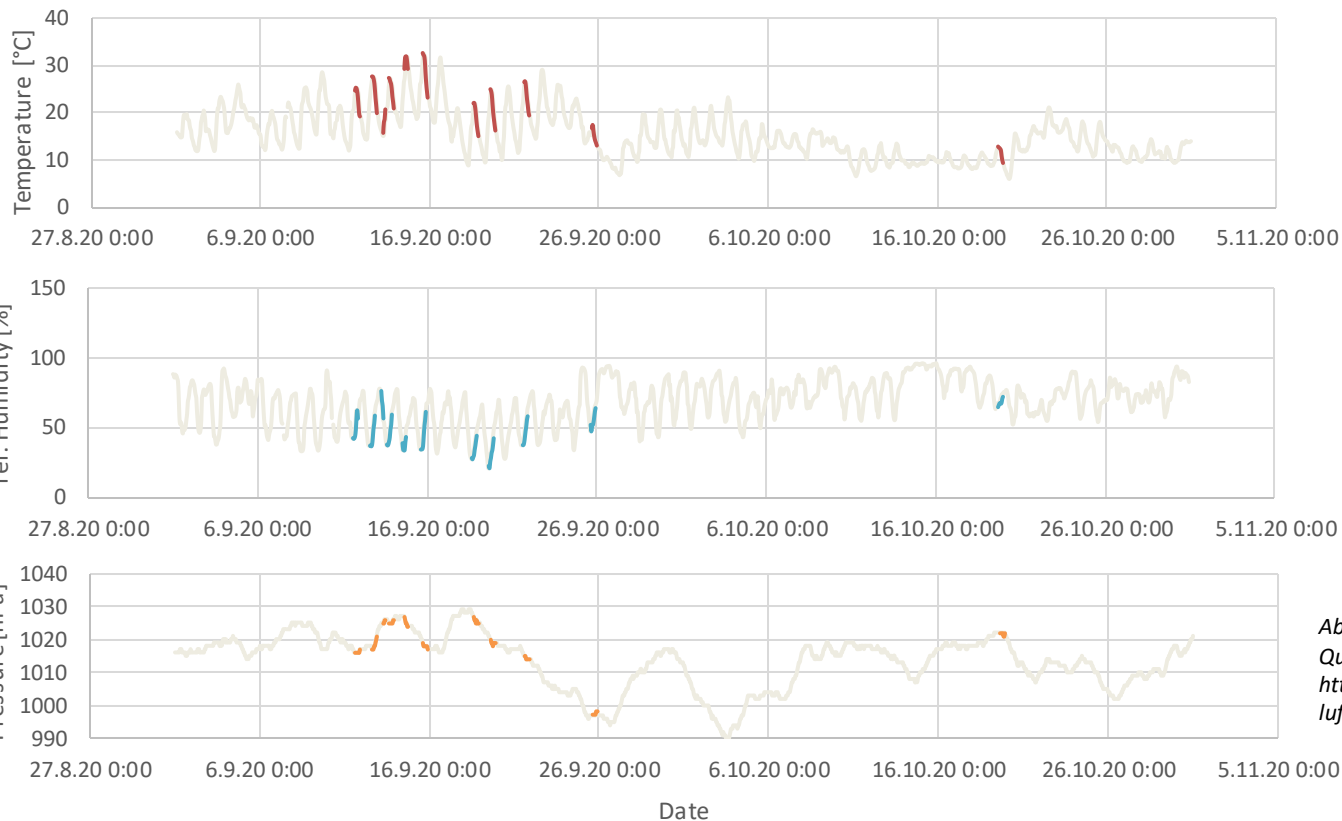


Abb.: Übersicht über die Messungen in Leipzig-Gohlis.

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

TROPIS

Leipzig-Gohlis-Studie - Meteorologie



- „Fr/Sa“- Effekt ist hauptsächlich im Sommer zu beobachten
- Messungen fanden im September (Oktober) statt
- Durch „spätsommerliche“ Bedingungen aber dennoch potenziell gut geeignete Periode

Abb.: Zeitreihe der meteorol. Daten an Leipzig-Mitte.
Quelle-Daten: LfULG,
<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/Recherche.aspx>



Leipzig-Gohlis-Studie - Messbeispiel

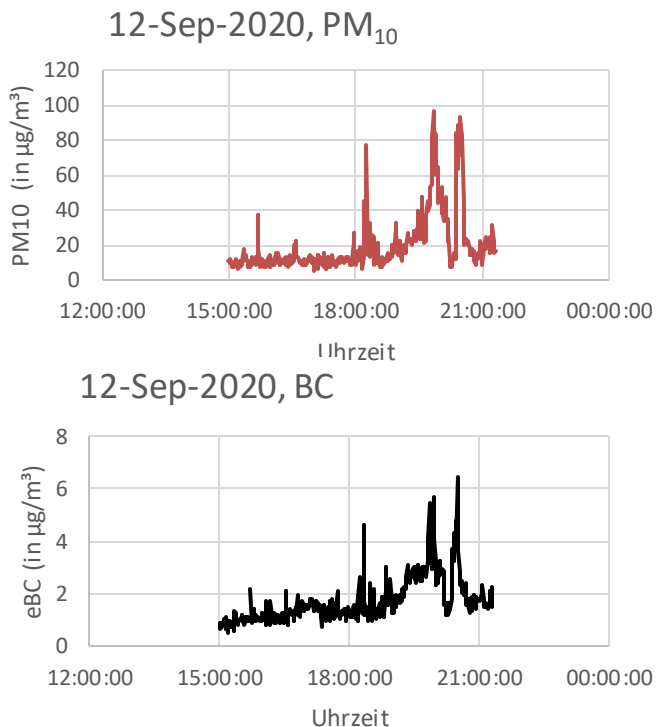


Abb.: Zeitreihen der mobilen Messungen am 12. Sep. 2020
(PM₁₀ – OPSS TSI 3330, BC – Aethalometer MA200).

- Explorative Studie: Beispiel 12. Sep. 2020 (Sa)
- Anstieg der Konzentrationen am Abend ist auch an der Station Leipzig Mitte messbar (Stundenmittelwerte)

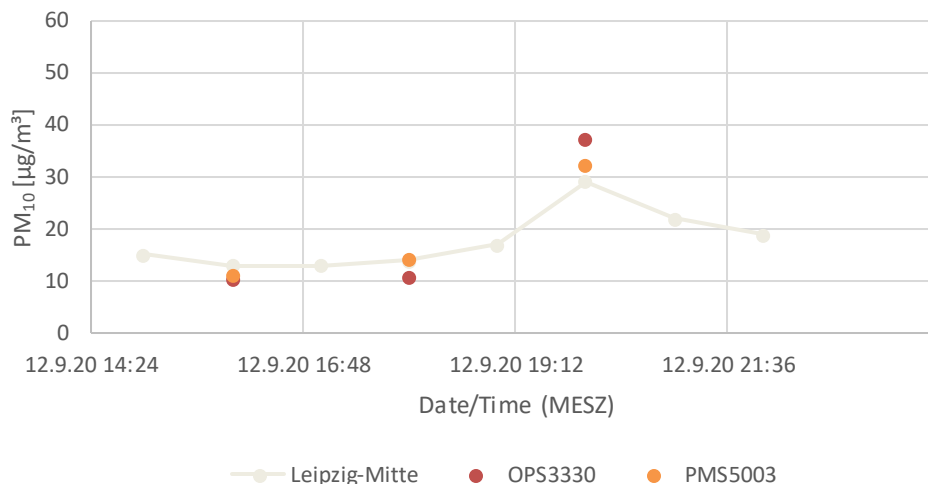
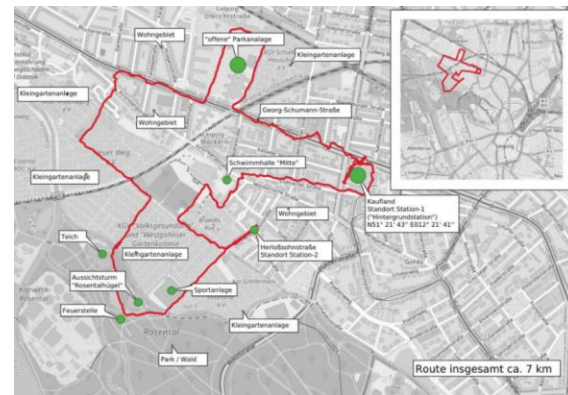
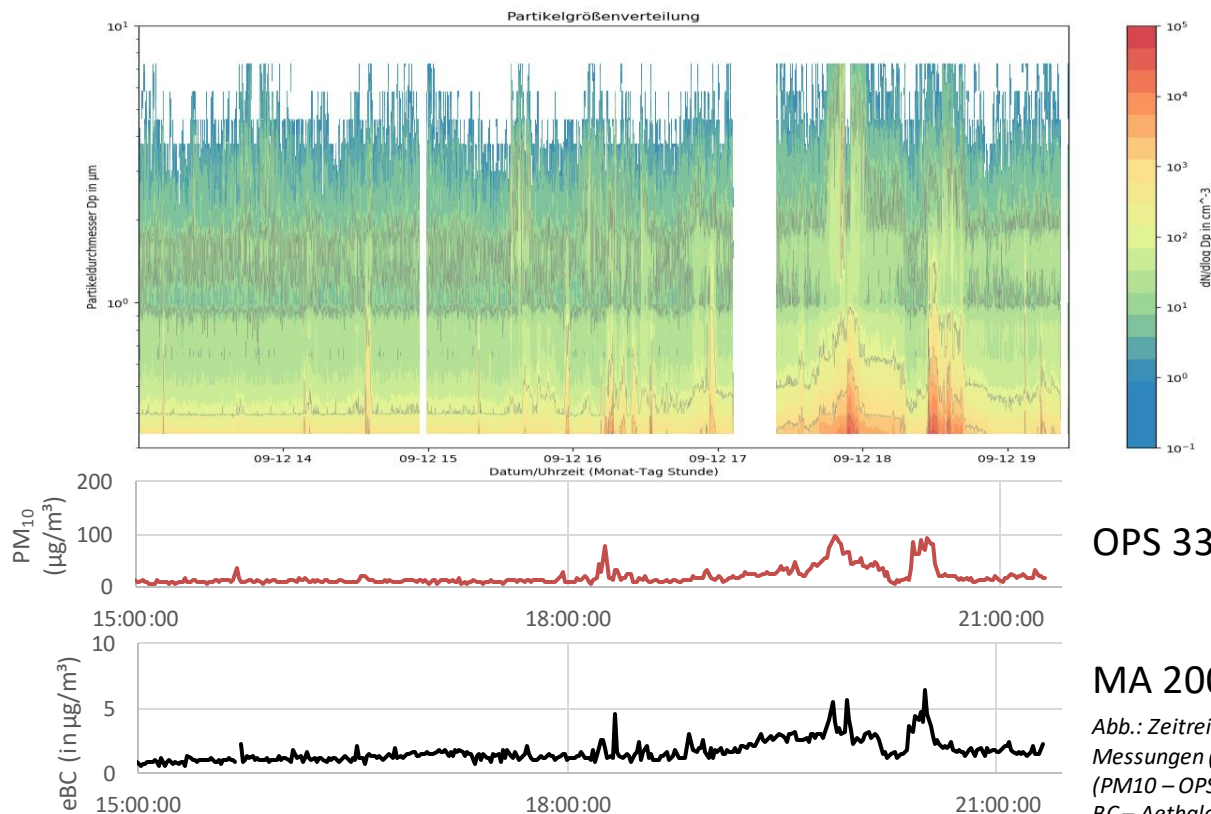


Abb.: Vergleich von mobilen Messungen (gemittelt über 1 Messrunde) und Messungen an der Station Leipzig-Mitte
Quelle: LfULG, <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/recherche.aspx>

TROPUS

Leipzig-Gohlis-Studie - Messbeispiel



Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende
(CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

OPS 3330

- Bsp.: Sa, 12-Sep-2020
- Heterogenes Gebiet
- Fr/Sa-Effekt sichtbar

MA 200

Abb.: Zeitreihen der mobilen
Messungen (MESZ)
(PM₁₀ – OPSS TSI 3330,
BC – Aethalometer MA200)



Leipzig-Gohlis-Studie - Messbeispiel

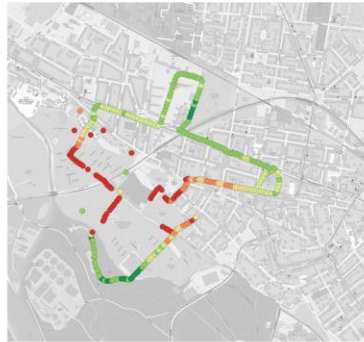
15:00 - 17:00 (MESZ)



17:15 - 19:15



19:30 - 21:30



PM₁₀-Konzentration
(in microgramm/m³)

PM₁₀

- Bsp.: Sa, 12-Sep-2020
- hohe Temperaturen („Sommertag“)
- Hochdruck-Wetterlage („Leiki“-> „Spätsommer“)
- Deutlicher Anstieg der Konzentrationen am Abend, ausgehend von den Kleingärten



eBC-Konzentration
(in microgramm/m³)

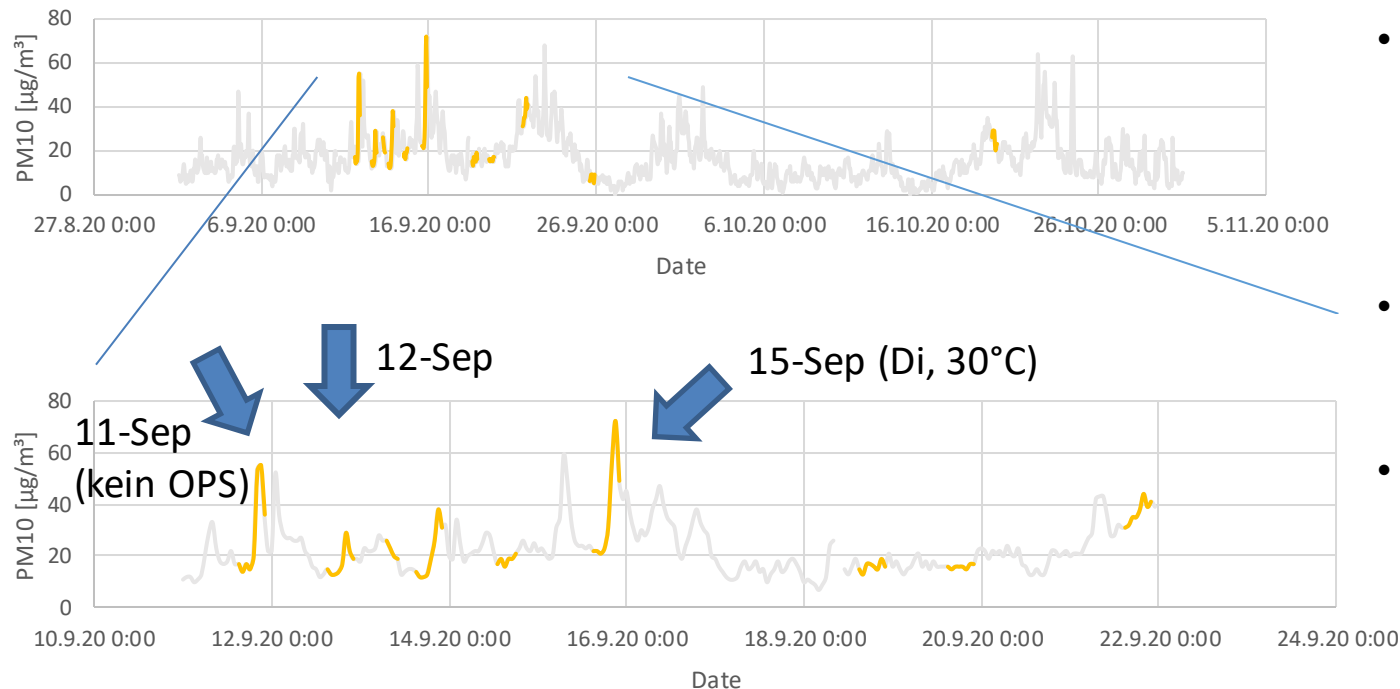
eBC

Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 12-Sep-2020 (PM₁₀ – OPSS TSI 3330, BC – Aethalometer MA200)

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

TROPOS

Leipzig-Gohlis-Studie - Messbeispiel



- PM10 Messungen (TEOM) an der Station Leipzig-Mitte im Messzeitraum (Sep. 2020)
- Überlapp mit mobilen Messungen farblich markiert
- Di, 15. Sep. bis knapp über 30°C

Abb.: Zeitreihe der gemessenen PM10 Konzentrationen an der Station Leipzig Mitte

Quelle: LfULG, <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/recherche.aspx>

TROPUS

Leipzig-Gohlis-Studie - Messbeispiel

15:30 - 17:30 (MESZ)



17:35 - 19:35



19:40 - 21:40



PM₁₀-Konzentration
(in µg/m³)

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- >50

PM₁₀



eBC-Konzentration
(in µg/m³)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- >5

eBC

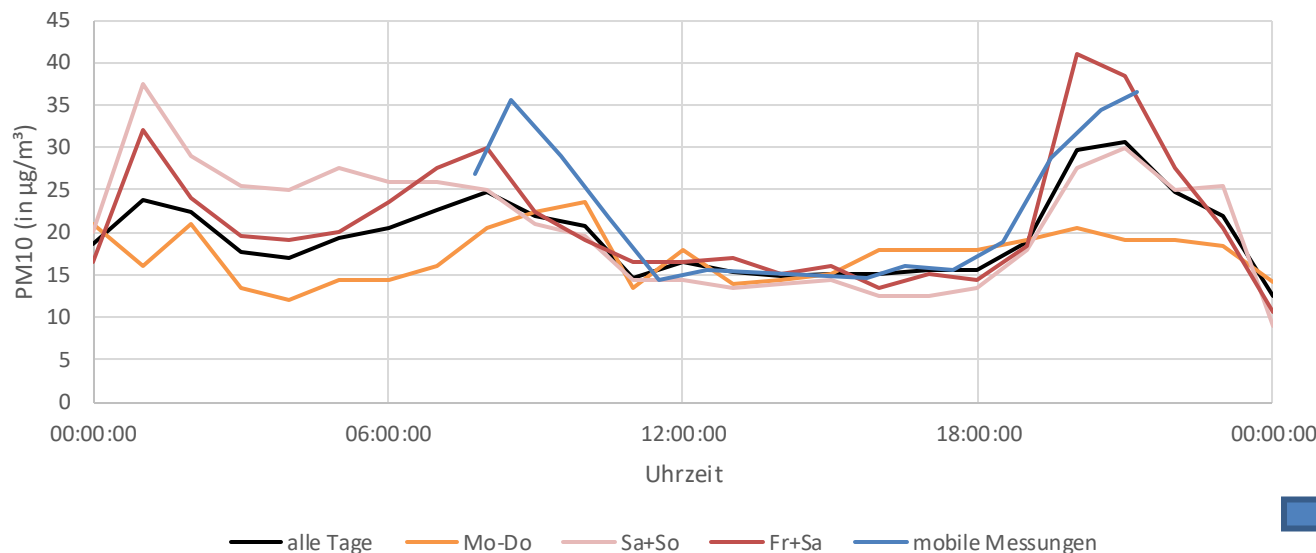
- Bsp.: Di, 15-Sep-2020
- hohe Temperaturen („Sommertag“)
- zahlreiche Freizeitaktivitäten, wie grillen (trotz Dienstag)
- Gegen Abend Anstieg der Konz. ausgehend von Kleingärten

Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 15-Sep-2020 (PM₁₀ – OPSS TSI 3330, BC – Aethalometer MA200)

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

Leipzig-Gohlis-Studie - Messbeispiel

Leipzig-Mitte vs. mobile Messungen, 10.-14. Sep 2020, daily PM₁₀



- „Abendeffekt“ messbar
 - Im Messzeitraum nicht begrenzt auf Fr+Sa, sondern wetterabhängig
 - Anstieg früher am Abend als vermutet (kürzere Tageslänge?)
 - Anstieg meist zunächst in der Nähe der Kleingärten
- ➡ Ursache für Effekt kann in Freizeitaktivitäten vermutet werden

Abb.: Vergleich der Werte an der Station Leipzig-Mitte (TEOM) mit den Ergebnissen der mobilen Messungen in der ersten Messwoche (PM10 – OPSS TSI 3330, BC – Aethalometer MA200)

Quelle: LfULG, <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/recherche.aspx>

TROPOS

Leipzig-Gohlis-Studie - Messbeispiel

15:20 - 16:37 (MESZ)



16:37 - 18:17



19:45 - 21:05



PM₁₀-Konzentration
(in microgramm/m³)

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- >50

PM₁₀

- Fr, 25-Sep-2020 (kühl, niedriger Luftdruck, typ. „Herbsttag“)
- Keine ausgeprägten Freizeitaktivitäten
- Kein Anstieg der Konzentrationen am Abend



eBC-Konzentration
(in microgramm/m³)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- >5

eBC

Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 25-Sep-2020 (PM₁₀ – OPSS TSI 3330, BC – Aethalometer MA200)

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

Leipzig-Gohlis-Studie - Messbeispiel

15:45 - 17:00 (MESZ)



17:00 - 18:10



18:10 - 19:30



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

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- >50

PM₁₀



eBC-Konzentration
(in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

- 0 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- >5

eBC

- Bsp.: Mo, 19-Oct-2020
(kühl, sonnig,
Hochdrucklage)
- Keine ausgeprägten
Freizeitaktivitäten
- Kein Anstieg der
Konzentrationen am
Abend

Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 19-Oct-2020 (PM₁₀ – OPSS TSI 3330, BC – Aethalometer MA200)

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

Leipzig-Gohlis-Studie - Filtermessungen

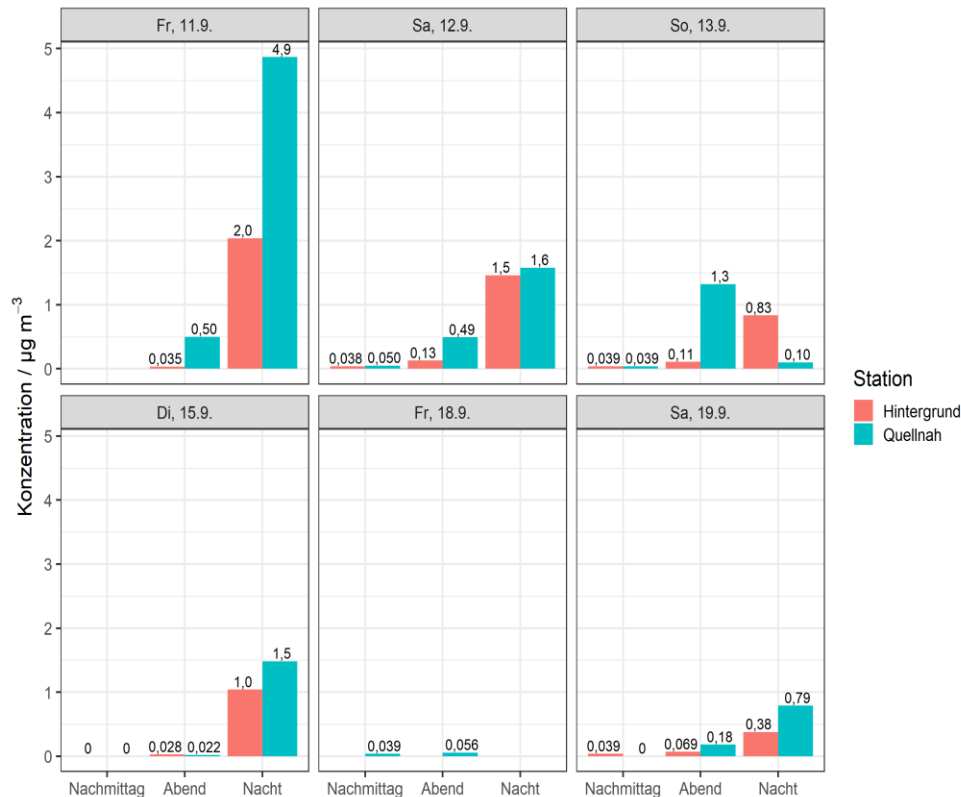


Abb.: Ergebnisse der mobilen Filter-Messungen.

- 2 Messstationen:
 - Wohngebiet Herloßsohnstraße
 - Hintergrund: Parkdeck Kaufland
 - Typ. Konz.: 0,04 – 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tagesmittel, LM, EiBa, TROPOS, van Pinxteren, 2016)
 - „Abendeffekt“ erkennbar, Konz. bis zu 2 Größenordnungen über typ. Werten, Anstieg an „Hintergrundstation“ geringer
 - Anstieg der Levoglucosan Konz. Deutliches Indiz für Holz-/Biomasse-verbrennungen
- ➔ Ursache für Effekt kann in Freizeitaktivitäten vermutet werden

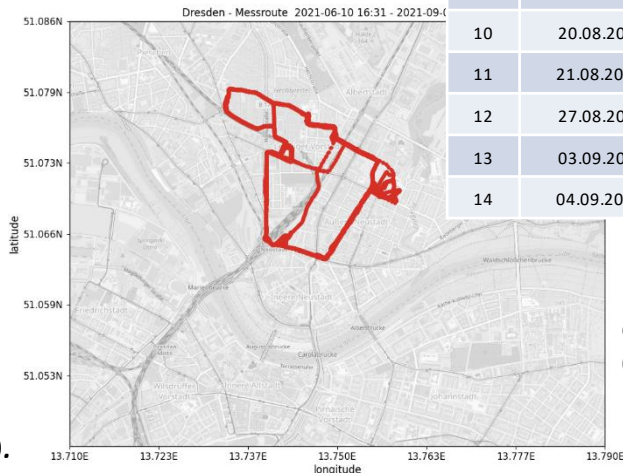
TROPOS

Dresden-Neustadt-Studie

- Messungen im Nord-Westen von Dresden (Dresden-Neustadt)
- 14 Messtage (6 Tage mit Filtersammler), **diesmal im Sommer (Jun – Sep 2021)**
- Ca. 80 Stunden mobile Messungen
- 36 Stunden Filtermessungen



Abb.: Fotos aus Dresden-Neustadt (TROPOS).



No.	Datum	Messrucksack	Filtersammler	Bemerkung
01	10.06.2021 (Do)	3x	-	Erkundungsgang
02	12.06.2021 (Sa)	3x	-	Techn. Probleme
03	13.06.2021 (So)	Mehrfach	-	Fahrrad
04	18.06.2021 (Fr)	3x	-	Pressetermin, heiß
05	26.06.2021 (Sa)	3x	3x	Warm
06	27.06.2021 (So)	3x	3x	Warm
07	02.07.2021 (Fr)	3x	3x(1x verkürzt)	Windig, bewölkt
08	03.07.2021 (Sa)	3x	3x	Warm
09	16.07.2021 (Fr)	3x	3x	Schwül
10	20.08.2021 (Fr)	3x	-	Windig, bewölkt
11	21.08.2021 (Sa)	4x	-	
12	27.08.2021 (Fr)	2x		Regen
13	03.09.2021 (Fr)	4x	-	Warm, sonnig
14	04.09.2021 (Sa)	3x	3x	Warm, Schulanfang

Abb.: Übersicht über die Messungen in Dresden-Neustadt.

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende
(CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)



Dresden-Neustadt-Studie

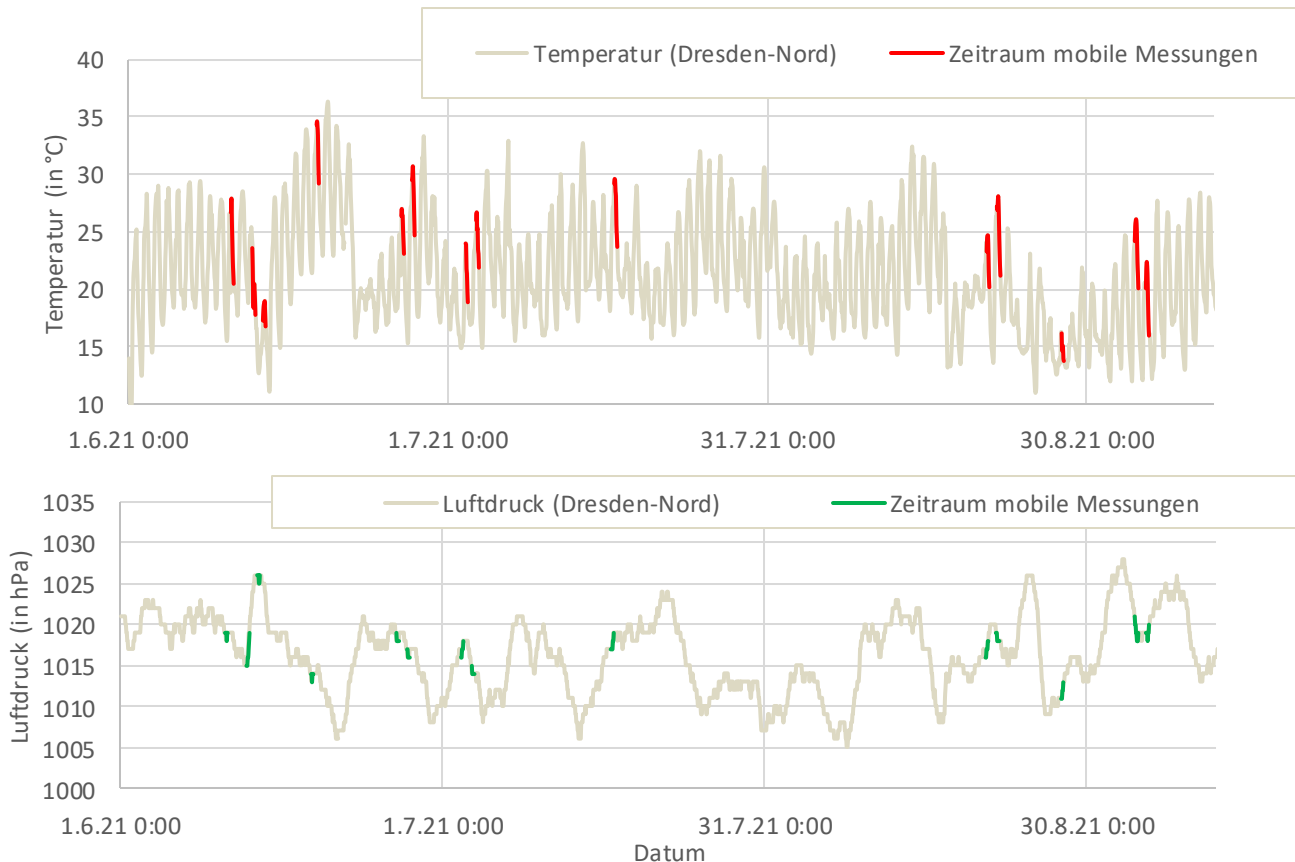
- Messroute (ca. 7.5 km) entlang großer Straßen, Parks, Wohngebiete und Kleingärten



Abb.: Übersicht über die Messungen in Dresden-Neustadt.

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

Dresden-Neustadt-Studie - Meteorologie



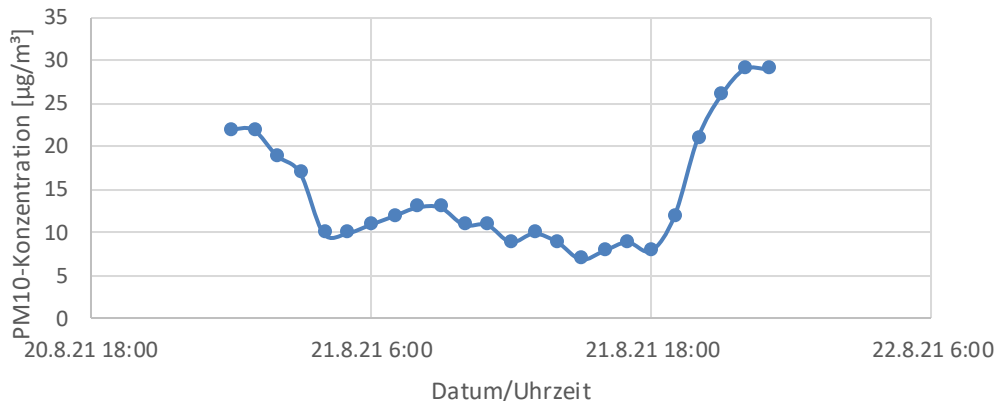
- „Fr/Sa“- Effekt ist hauptsächlich im Sommer zu beobachten
- Messungen Juni bis September (Anfang)

Abb.: Zeitreihe meteorol. Daten an Dresden-Nord.
Quelle-Daten: LfULG,
<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/Recherche.aspx>



Dresden-Neustadt-Studie – 21. Aug 2021

Dresden Nord - PM10 (TEOM) - 21.Aug 2021



- Bsp.: Sa, 21-Aug-2021
- Warm, windig, bewölkt

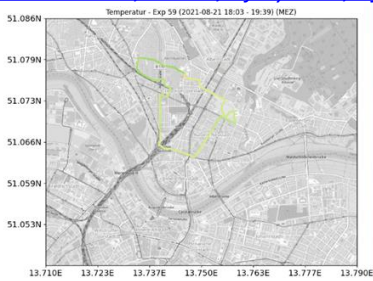


Abb.: Foto aus Dresden-Neustadt (TROPOS).

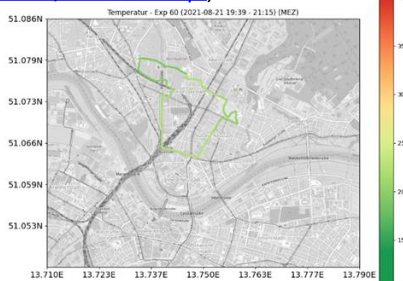
Temperatur



16:28 - 17:55 (MEZ)



18:06 - 19:24



19:49 - 21:00

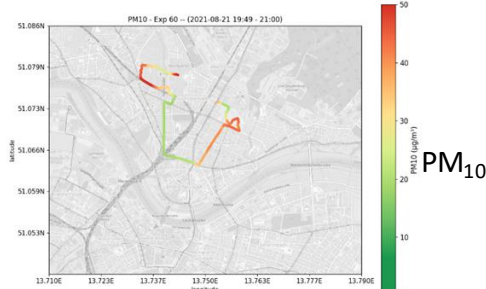
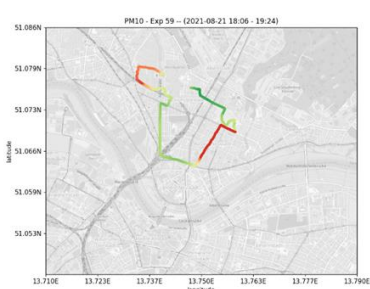
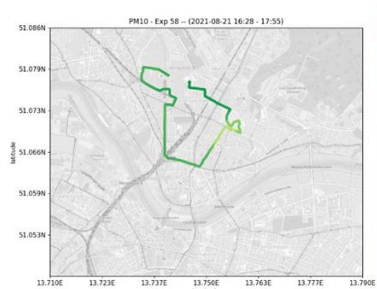
Abb.: Kartendarstellung der mobilen Messungen.
Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende
(CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

Dresden-Neustadt-Studie – 21. Aug 2021

16:28 - 17:55 (MEZ)

18:06 - 19:24

19:49 - 21:00



- Bsp.: Sa, 21-Aug-2021
- „Abendeffekt“ messbar, ausgehend von den Kleingärten, aber auch Alaunpark und -straße

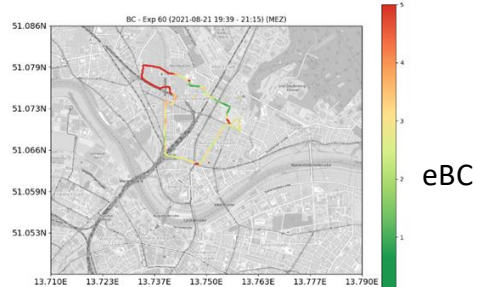
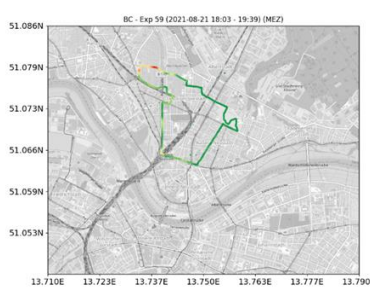


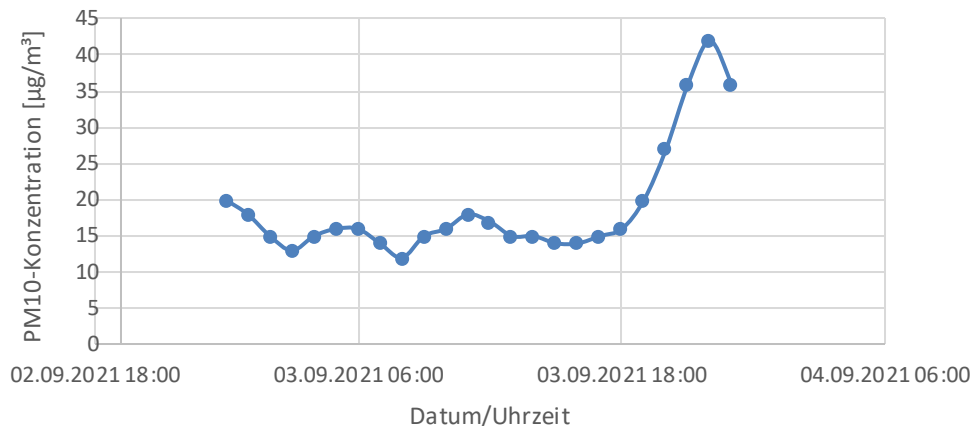
Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 21. Aug 2021.

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

TROPOS

Dresden-Neustadt-Studie – 03. Sep 2021

Dresden Nord - PM10 (TEOM) - 03.Sep 2021



- Bsp.: Fr, 03-Sep-2021
- warmer Tag
- Christopher Street Days
- WE mit großen Feierlichkeiten, viele Menschen überall
- „Abendeffekt“ erkennbar (Stundenmittelwerte Dresden Nord)



Abb.: Foto Alaunpark (links, TROPOS), Zeitreihe der Stundenmittelwerte an Dresden-Nord (oben) (LfULG, <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/recherche.aspx>).

TROPOS

Dresden-Neustadt-Studie – 04. Sep 2021

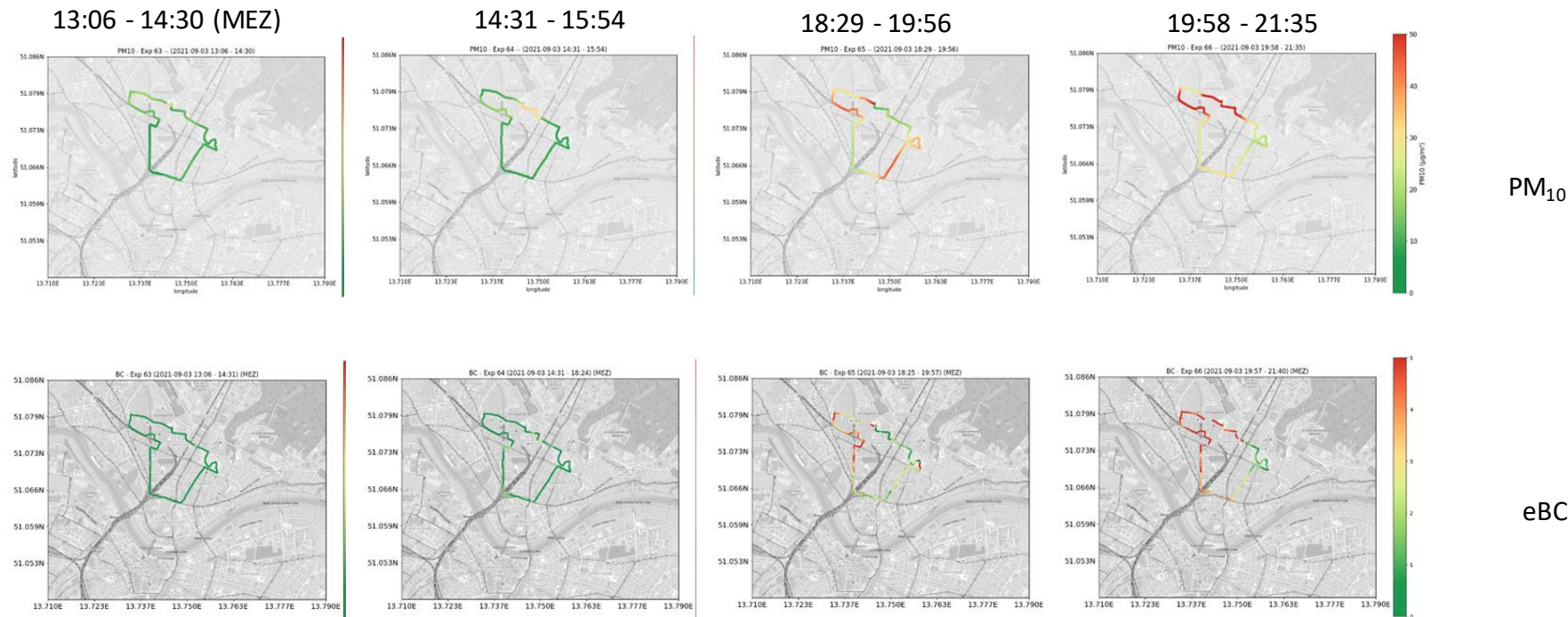


Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 03.Sep 2021.

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)



Dresden-Neustadt-Studie – 04. Sep 2021

Dresden Nord - PM10 (TEOM) - 04.Sep 2021

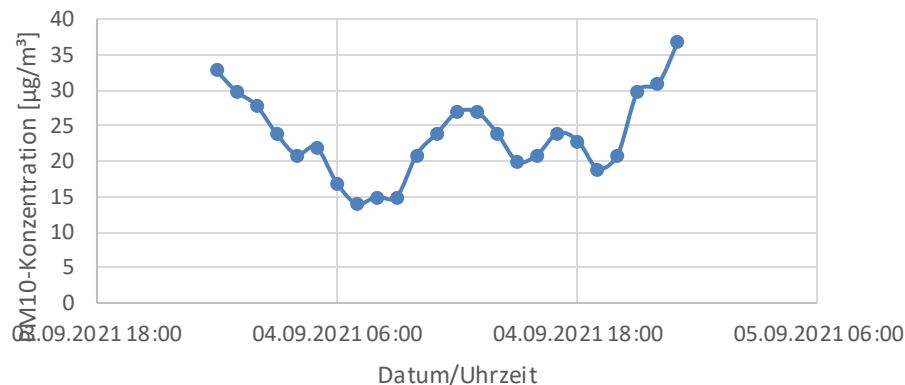


Abb.: Fotos (links), Zeitreihe der Stundenmittelwerte an Dresden-Nord (oben)
(LfULG, <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/luftonline/recherche.aspx>).



Abb.: Fotos aus Dresden-Neustadt (TROPOS).



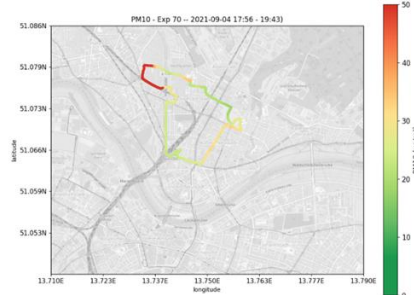
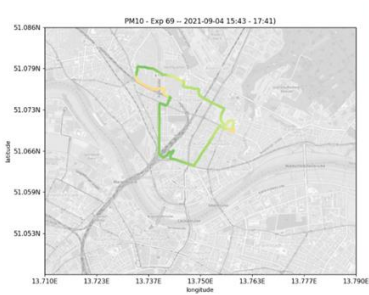
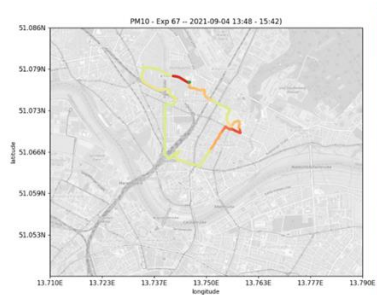
- Bsp.: Sa, 04-Sep-2021
- warmer Tag, Schulanfang, Christopher Street Days
- Tag mit großen Feierlichkeiten, viele Menschen überall
- Hohe Konzentration bereits am Nachmittag, kein „typ.“ Abendeffekt

Dresden-Neustadt-Studie – 04. Sep 2021

14:48 - 16:42 (MEZ)

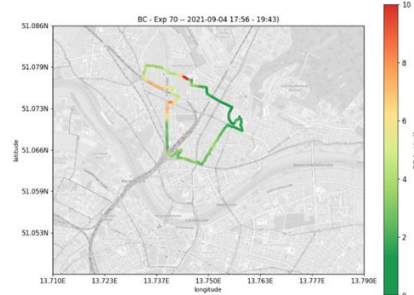
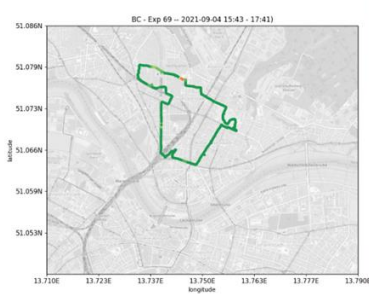
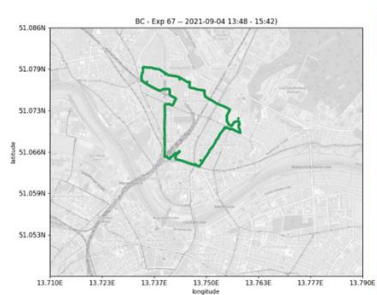
16:43 - 18:41

18:56 - 20:43



PM₁₀

- Bsp.: Sa, 04-Sep-2021
- Hohe PM₁₀ Konz. bereits am Nachmittag
- Gegen Abend ansteigende BC Konz. im Bereich der Kleingärten



eBC

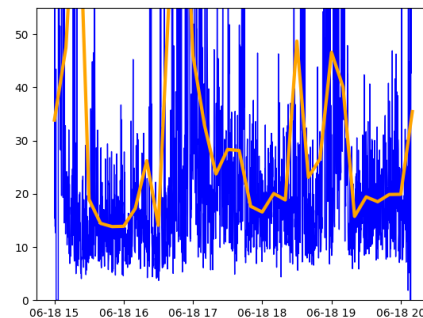


Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 04.Sep 2021.

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

Abb.: Zeitreihe PM₁₀ (in UTC),
abgeleitet aus den mobilen
Messungen.

TROPIS

Dresden-Neustadt-Studie – 18. Jun 2021

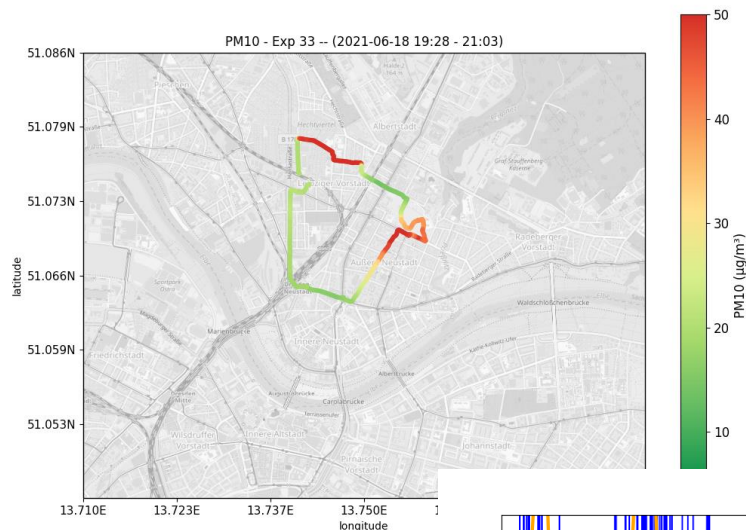
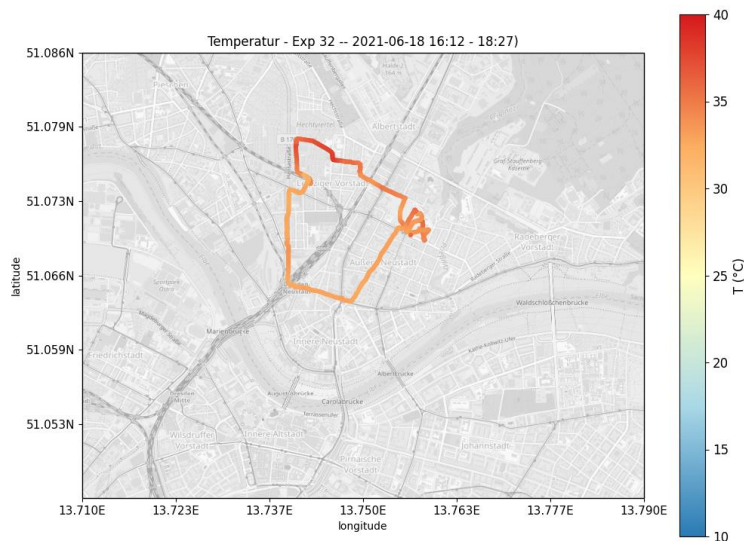


Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 27. Jun 2021.

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

- Freitag, 18. Jun 2021
- Sehr warm (> 30°C !), wenig Aktivität (zu warm?)
- Hot-Spots dennoch erkennbar

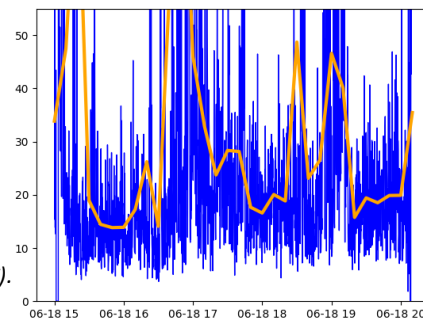


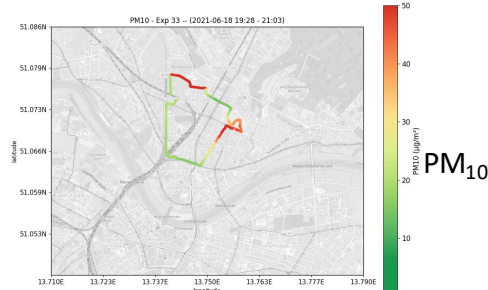
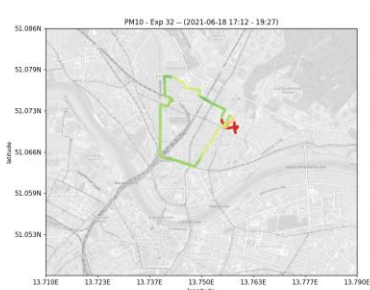
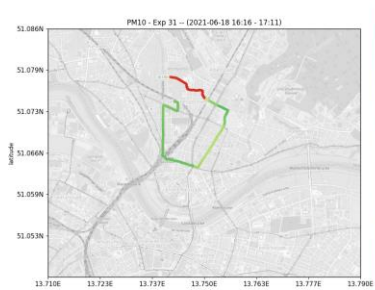
Abb.: Zeitreihe PM10 (in UTC).

Dresden-Neustadt-Studie – 18. Jun 2021

16:16 - 17:11 (MEZ)

17:12 - 19:27

19:28 - 21:03



- Bsp.: Fr, 18-Jun-2021
- Sehr warm (>30°C)
- Insgesamt hohe Konzentrationen

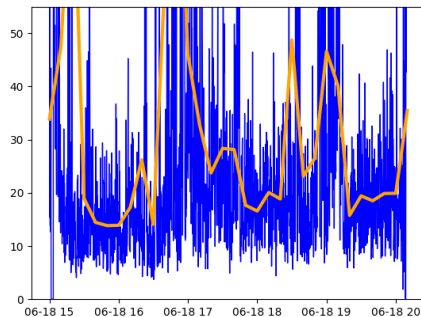


Abb.: Zeitreihe PM10 (in UTC).

Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 18. Jun 2021.

Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

TROPAS

Dresden-Neustadt-Studie – 27. Aug 2021

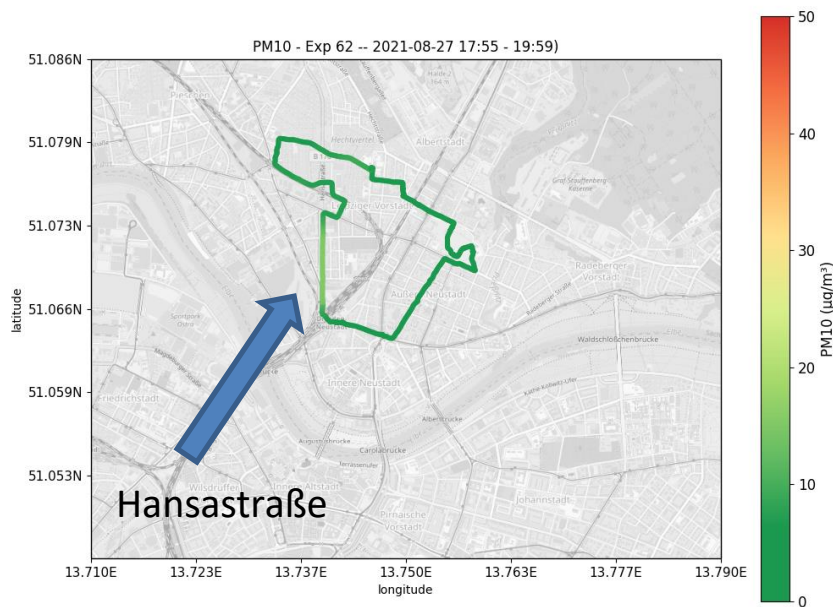
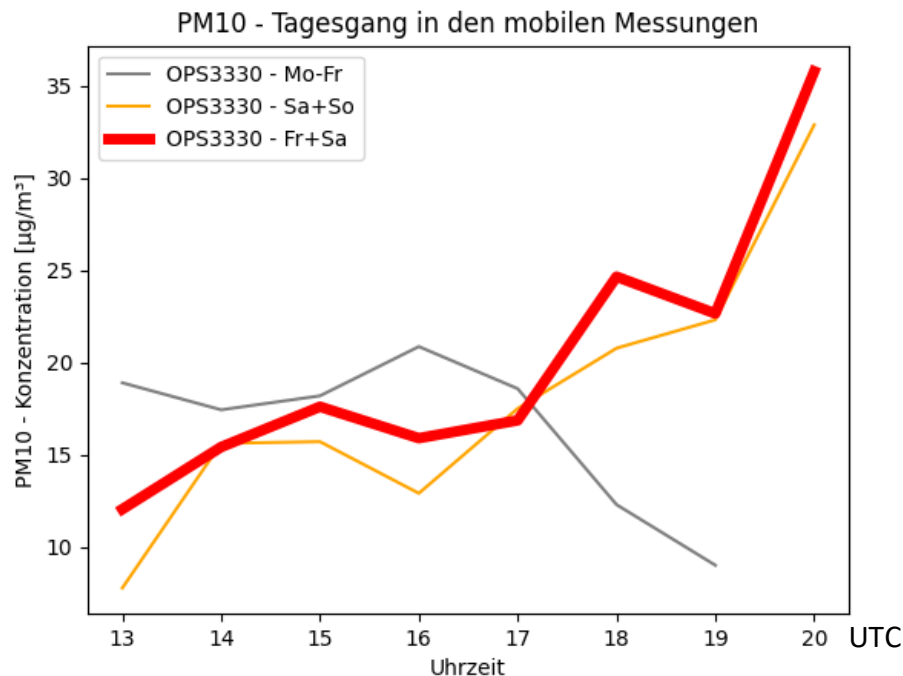


Abb.: Ergebnisse der mobilen Messungen am 27. Aug 2021.
Quelle Kartenmaterial: © OpenStreetMap-Mitwirkende
(CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

- Freitag, 27. Aug 2021
- Tag mit Regen, kühl (15°C)
- Wetterlage: Rückseite einer Kaltfront, am Rand eines entlang von Oder und Neiße nach Süden ziehenden Tiefdruckgebietes
- Wetterbedingt Konzentrationen insgesamt niedrig, etwas höhere Konzentrationen an der Straße (Hansastraße)
- Keine (kaum) Freizeitaktivitäten in den Parks und Kleingärten, kein „Abendeffekt“

TROPOS

Dresden-Neustadt-Studie - Ergebnisse



- Messungen im Sommer heterogen (zeitlich und räumlich)
- Freizeitaktivitäten hängen von verschiedensten Faktoren ab
- Freitag-/Samstag-Abendeffekt dennoch im mittleren Tagesgang (Stundenmittelwerte) der mobilen Messungen deutlich erkennbar (wenige Vergleichstage)

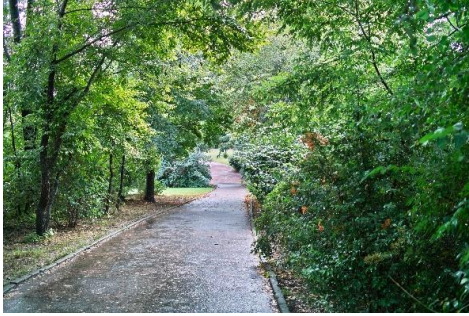
Abb.: Beobachteter Tagesgang der PM10 Messungen (abgeleitet aus den OPSS Daten) während der Messungen in Dresden Neustadt (Stundenmittel).
Zu beachten ist, dass kaum Messungen an Werktagen stattgefunden haben.



Zusammenfassung

- 2 explorative Studien mit mobile Messungen zur Untersuchung des Freitag-/Samstagabendeffektes (erhöhte Partikelkonzentrationen an Fr/Sa-Abenden)
- Studie 1: während einer Warmwetterperiode im September 2020 in Leipzig Gohlis
- Studie 2: im Sommer 2021 in Dresden Neustadt (Jun-Aug/Sep)
- Mobile Partikelmessungen zeigen einen Anstieg der Konzentrationen zunächst meist in der Umgebung von Kleingärten, Parkanlagen, sowie Straßen mit überdurchschnittlicher Gastronomie
- Filterproben zeigen hohe Levoglucosan-Konzentrationen in den Abendstunden (2 Größenordnungen über typischen Werten) und sind ein starker Indikator für Biomasseverbrennungsaerosol
- Ergebnisse stützen die These, dass die erhöhten Konzentrationen durch Emissionen aus Freizeitaktivitäten verursacht werden (Grills, Feuerschalen, etc.)





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Abb.: Fotos aus Dresden-Neustadt (J. Voigtländer, TROPUS).

Quelle Kartenmaterial (gesamter Vortrag): © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0 Lizenz, www.openstreetmap.org/copyright)

TROPUS