

# Messungen ultrafeiner Partikel am Frankfurter Flughafen und an anderen Flughäfen

Diana Rose

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Dezernat I2 – Luftreinhaltung: Immissionen

# Überblick

- London Heathrow
- Amsterdam Schiphol
- Frankfurt

# Überblick

- London Heathrow
- Amsterdam Schiphol
- Frankfurt

# Flughafen London Heathrow (LHR) und Umgebung

## B. Stacey und Kollegen (Ricardo Energy & Environment, UK)

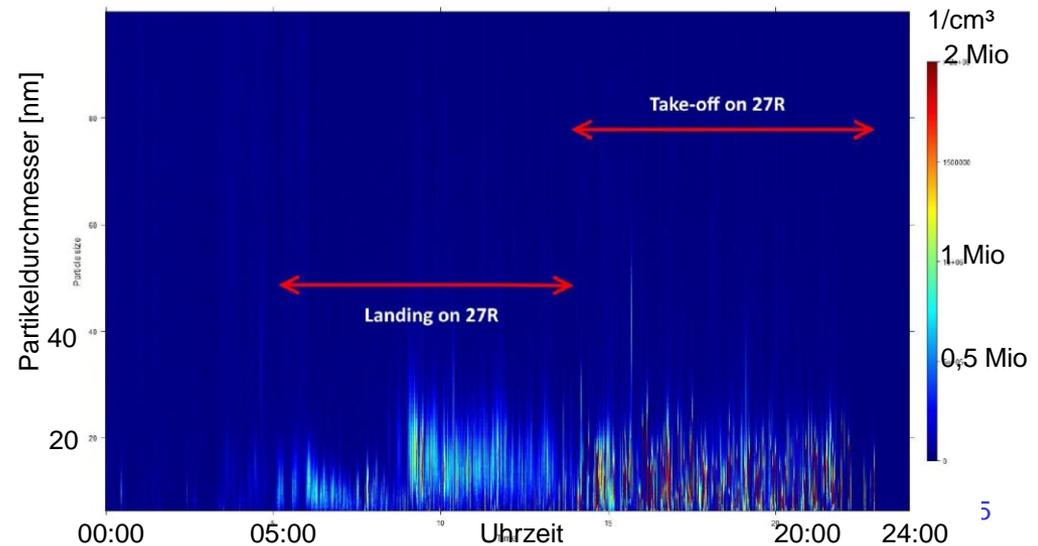
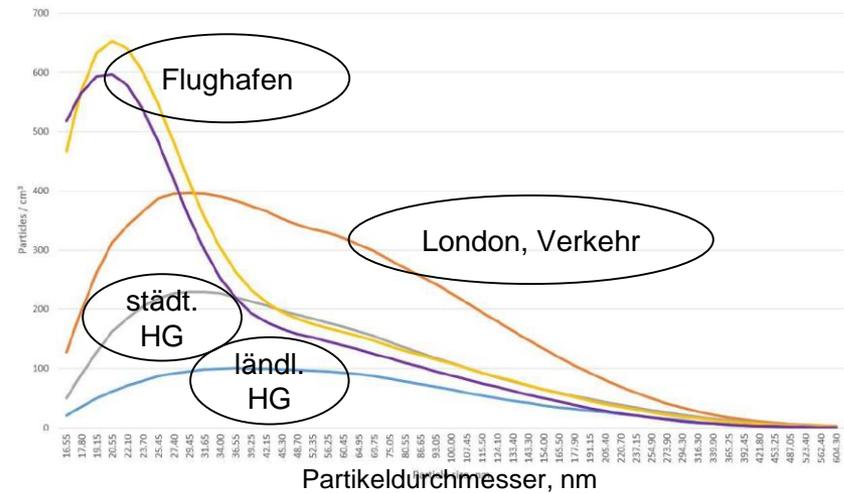
### Fragestellungen:

- Unterschied zwischen UFP an Flughäfen und städtischer Umgebung?
  - Unterschied zwischen verschiedenen Flugzeugtypen, zwischen Starts und Landungen?
  - Korrelation mit anderen Schadstoffen?
- mehrwöchige Messkampagnen auf LHR-Gelände und in direkter Umgebung

# Flughafen London Heathrow (LHR) und Umgebung

## B. Stacey und Kollegen (Ricardo Energy & Environment, UK)

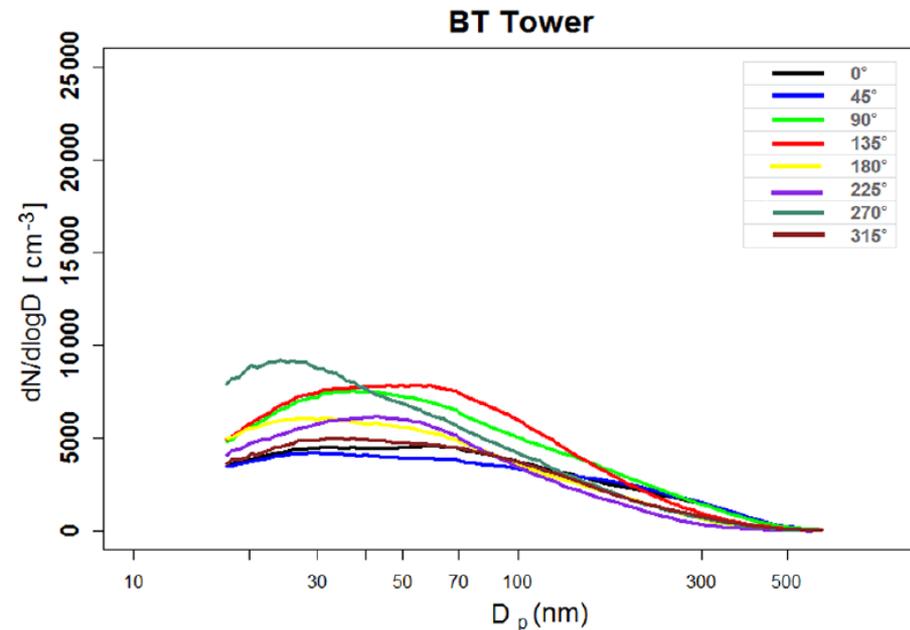
- SMPS (14-680 nm, 3 min Scan):  
LHR: **hohe Konz.** für Partikel mit **D < 30 nm**;  
Gesamtkonz. niedriger als an Verkehrsstandort in London
- SMPS (6-100 nm, 1 min Scan):  
**Unterschied Start – Landung**;  
einzelne Flugzeuge erkennbar?
- FMPS (5-1000 nm, 1 s Scan):  
Ergebnisse liegen noch nicht vor



# Flughafen London Heathrow (LHR) und Umgebung

R. M. Harrison et al. (veröffentlicht in Atmos. Chem. & Phys., 2019)

- UFP über einen Monat an mehreren Standorten in London gemessen
- Messungen auf 160 m hohen Turm: bei **Wind aus Richtung LHR** vergleichsweise **hohe Konzentrationen** von Partikeln mit  **$D < 40$  nm** (Entfernung zu LHR ist ca. **22 km!**)



# Überblick

- London Heathrow
- **Amsterdam Schiphol**
- Frankfurt

# Flughafen Amsterdam Schiphol (AMS) und Umgebung

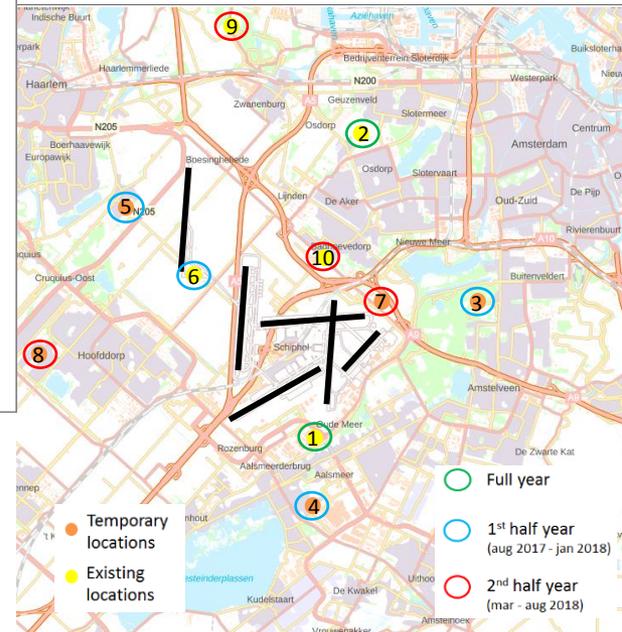
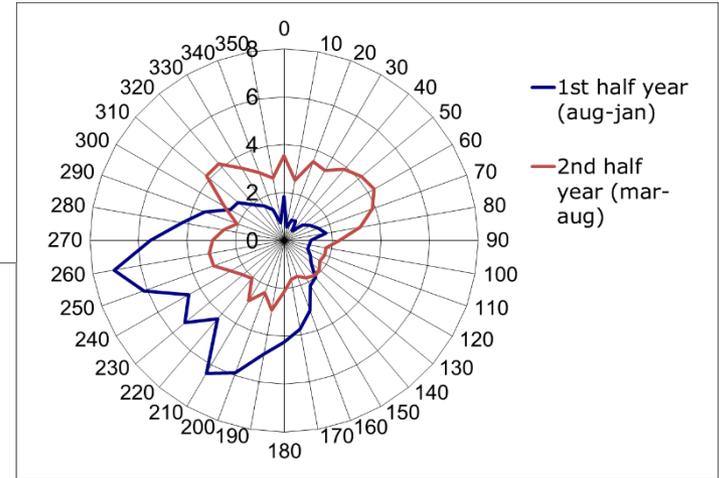
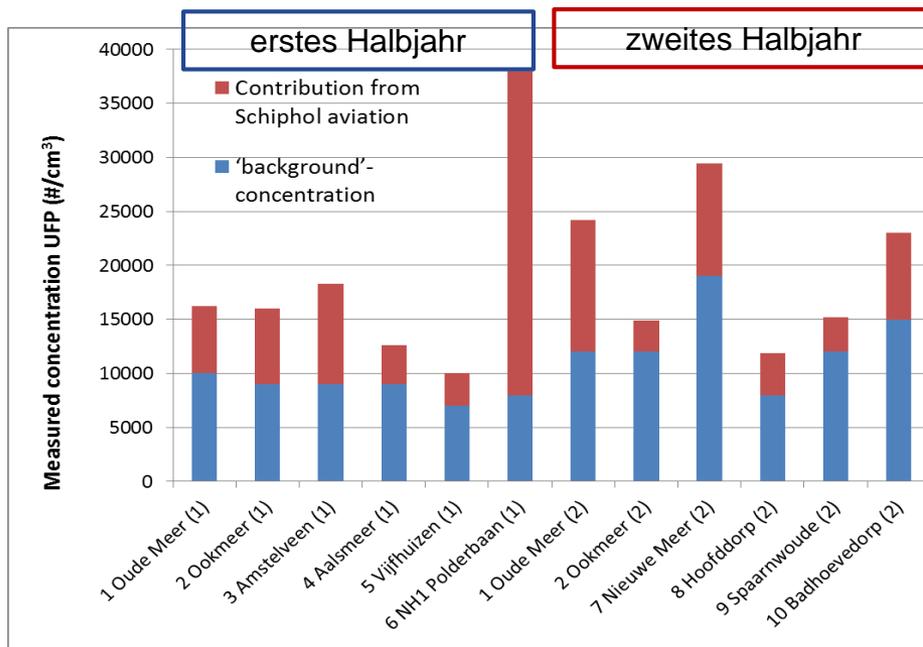
M. Voogt und Kollegen (National Institute for Public Health and the Environment, NL)

Motivation:

- Studie zur Gesundheitswirkung von UFP auf Bevölkerung im Umfeld des AMS  
⇒ UFP sollen modelliert werden
- bereits vorhandenes Modell wird anhand von UFP-Messungen angepasst  
(z.B. Rollen einbeziehen, neueste Emissionsfaktoren\* für UFP nutzen)
- Messkampagne über zwei Halbjahre auf AMS-Gelände und in direkter Umgebung  
(6 CPCs und 1 SMPS)

# Flughafen Amsterdam Schiphol (AMS) und Umgebung

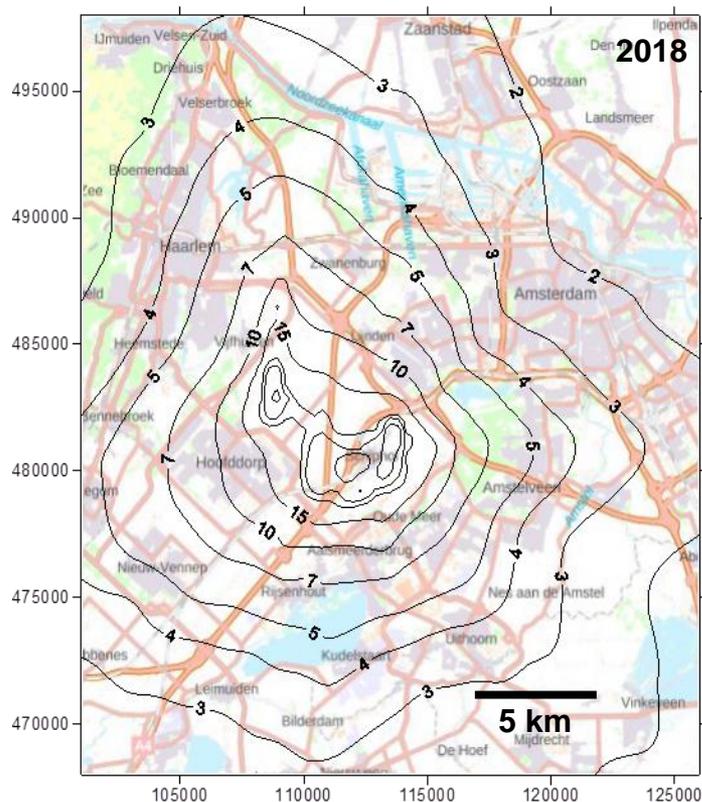
M. Voogt und Kollegen (National Institute for Public Health and the Environment, NL)



Hintergrund und Flughafenbeitrag ändern sich mit Standort und Zeitraum wg. Meteorologie (Windrichtg.!) und anderer lokaler Quellen

# Flughafen Amsterdam Schiphol (AMS) und Umgebung

M. Voogt et al. (National Institute for Public Health  
and the Environment, NL)



## mittlerer jährlicher Beitrag durch Flugbetrieb

Isolinien: Partikelanzahl \* 1000 pro cm<sup>3</sup>

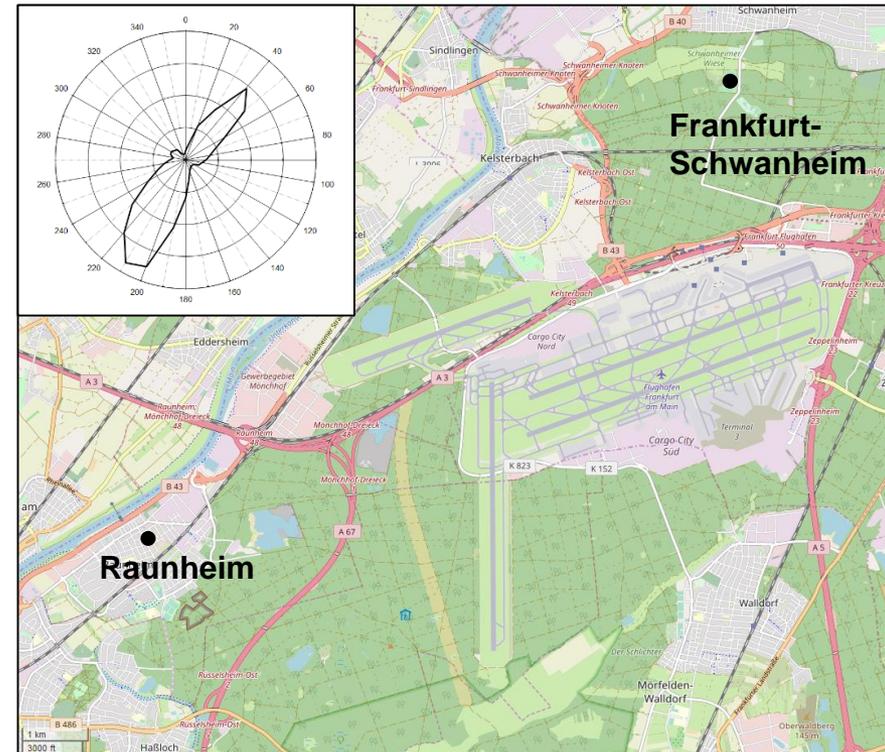
- modelliert auf Basis tatsächlicher Flugbewegungen und Meteorologie für 2018
- kalibriert auf Messungen mit  $D_{50} = 7 \text{ nm}$
- Wohngebiete nah zu AMS:  
Beitrag bis 15.000 Partikel pro cm<sup>3</sup>

# Überblick

- London Heathrow
- Amsterdam Schiphol
- **Frankfurt**

## 2015 – Beginn der Messungen des HLNUG

- seit 2015 mit Partikelzähler in Kooperation mit UBA (**CPC**, Gesamtkonz. über 2,5 nm – 1 µm)
- seit 2017 mit Partikelgrößenspektrometer (**SMPS**, Größenvert. über 10 nm – 500 nm)
- in **Raunheim**, Messstation des hess. Luftmessnetzes, 5 km südwestlich des Flughafens, Überflüge auf ca. 350 m Höhe
- in **Frankfurt-Schwanheim**, in Kooperation mit UNH, 3 km nördlich des Flughafens, keine Überflüge aber in Abluft des Flughafens bei Hauptwindrichtung

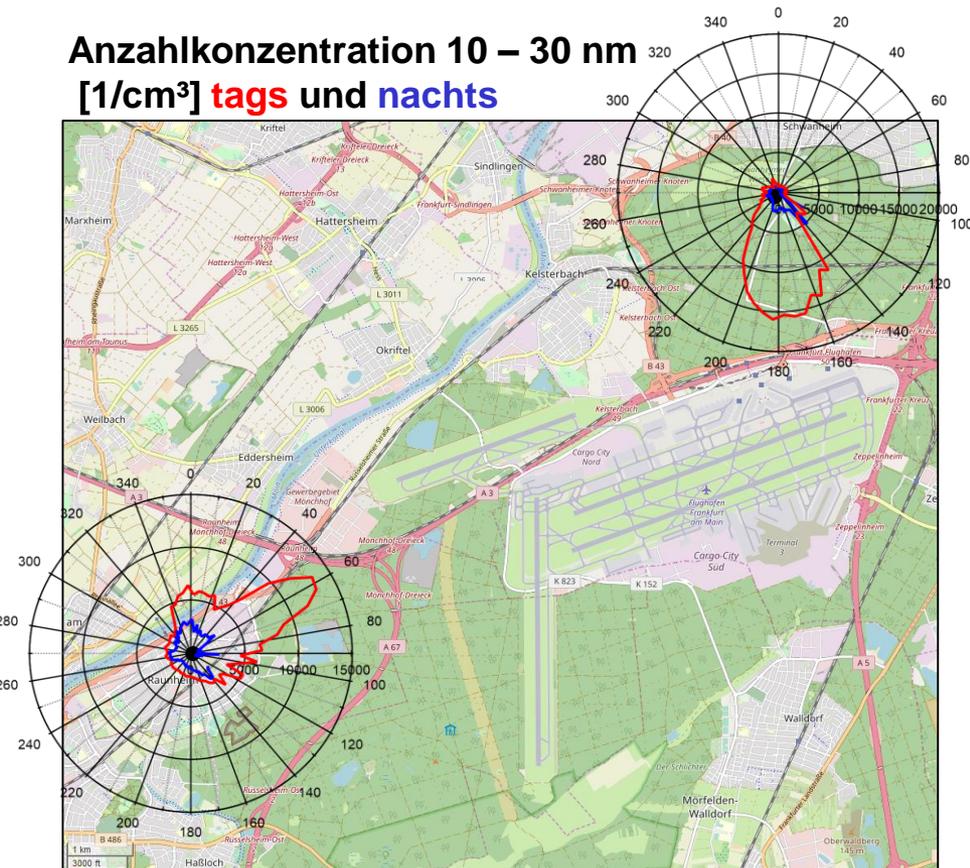


Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende unter ODbL 1.0; Winddaten: DWD Climate Data Center, Stations-ID 1420; Zeitraum 09/2017 – 02/2019)

# Juni 2018 – Erste Erkenntnisse in HLNUG-Bericht

Beobachtung an beiden Standorten:  
**hohe Konzentrationen** besonders kleiner  
Partikel (10-30 nm) **bei Wind aus Ri. Flughafen;**  
nur **zu Betriebszeiten** des Flughafens

- Flughafen ist eine **bedeutsame Quelle** für ultrafeine Partikel
- Auftreten der ultrafeinen Partikel ist durch **bodennahen Transport** der Emissionen, die beim **Betrieb auf dem Flughafengelände** entstehen, geprägt

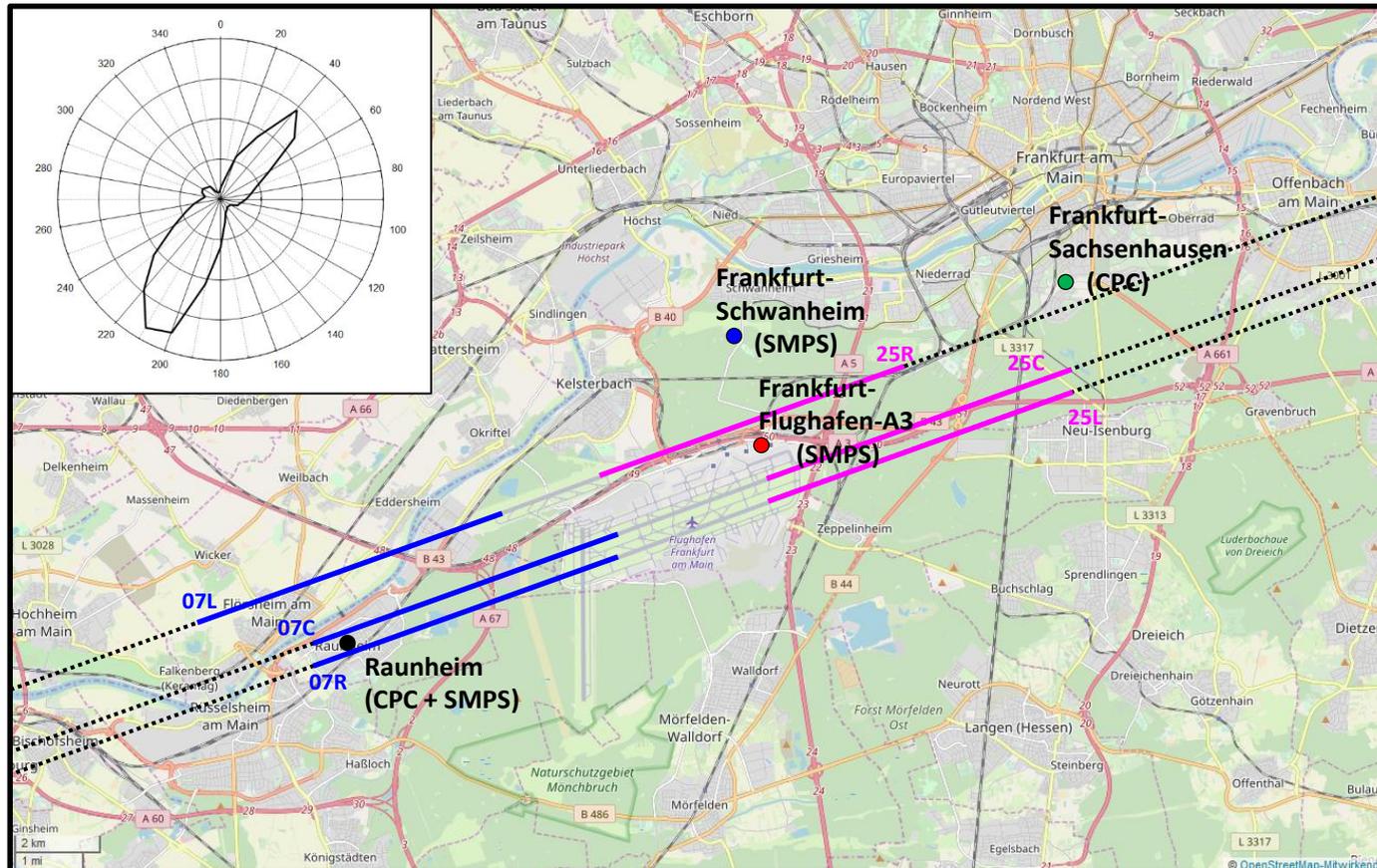


Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende unter [ODbL 1.0](https://www.openstreetmap.org/)

## Konkrete Fragestellungen, die sich aus diesen Erkenntnissen ergaben

- Bis in welche Entfernung kann man den Einfluss des Flughafens in bodennaher UFP-Konzentration erkennen?
- Welchen Beitrag liefern Überflüge an der bodennahen UFP-Konzentration im Gegensatz zum Beitrag des Flughafengeländes als Gesamtquelle?
- Welche UFP-Konzentrationen misst man in anderen Belastungssituationen (z.B. Kfz-Verkehr) im Vergleich zum Flughafen?
- Auswerten eines größeren Datensatzes und Einrichten weiterer Standorte

# Standorte kontinuierlicher Messungen



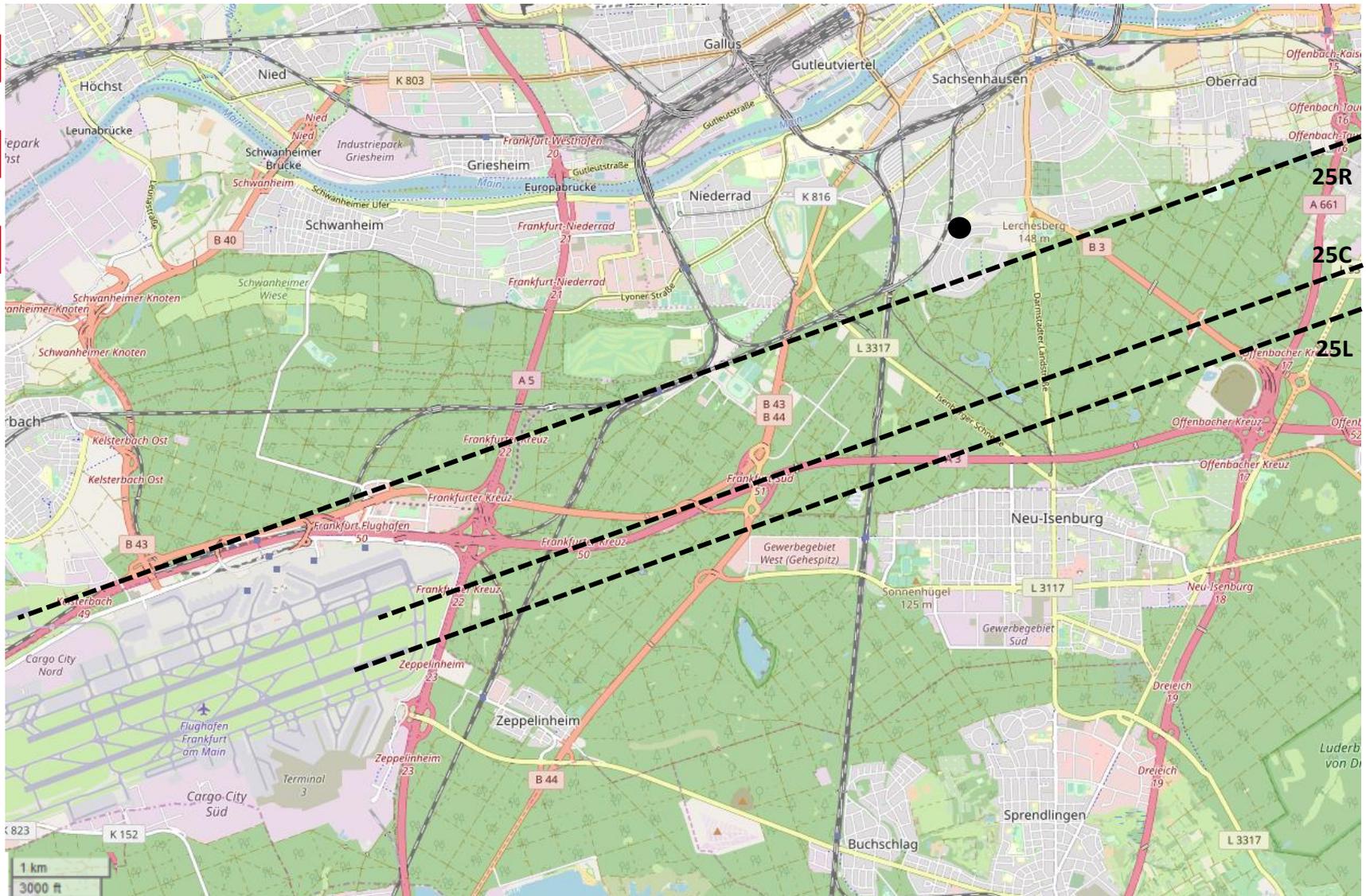
Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende unter [ODbL 1.0](https://www.openstreetmap.org/); Winddaten: DWD Climate Data Center, Stations-ID 1420; Zeitraum 09/2017 – 02/2019)

Anflüge unterhalb 400 m Flughöhe bei **BR07** und bei **BR25**

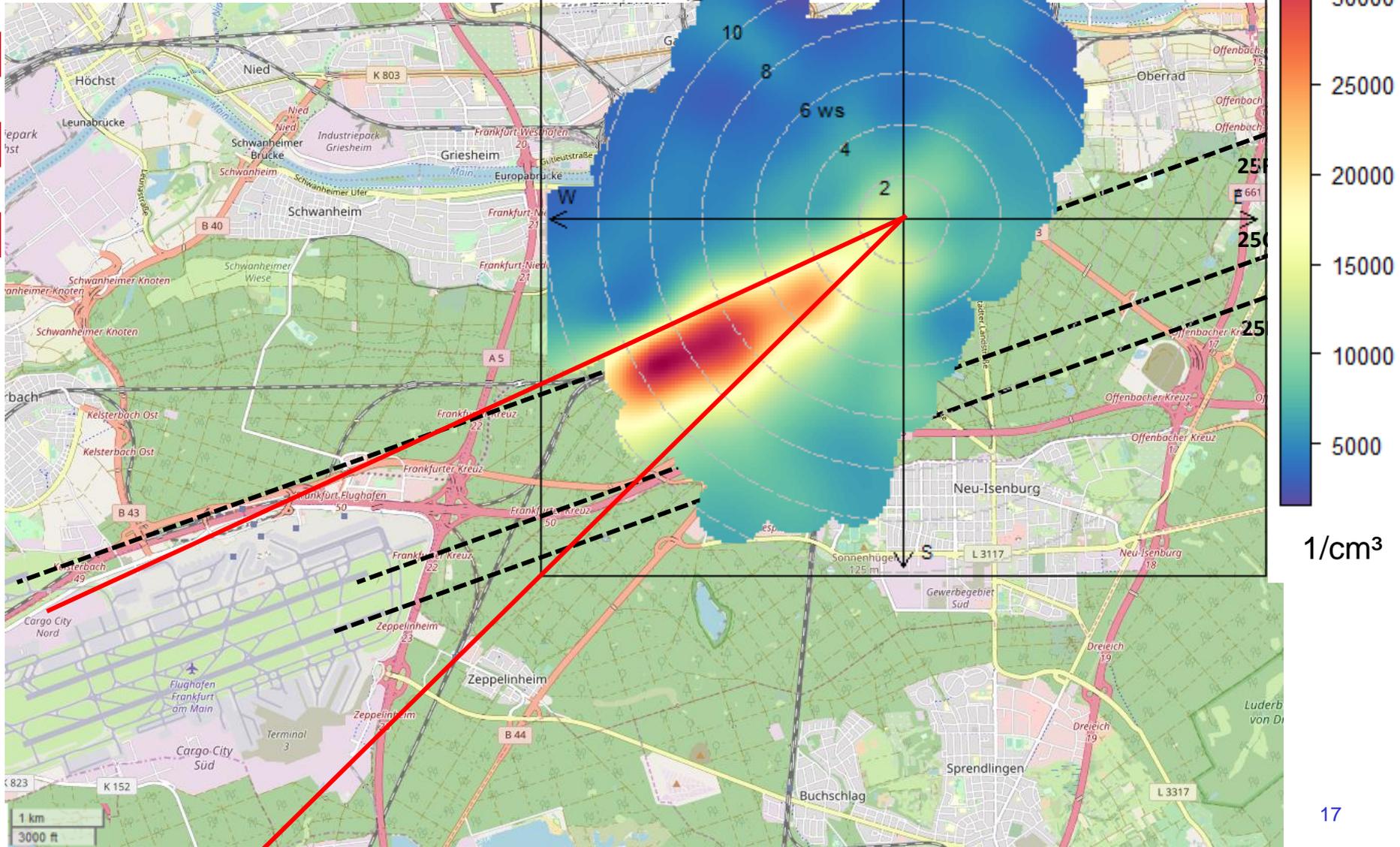
**Messgeräte**  
 CPC: Gesamtkonz.  
 SMPS: Größenvert.

zusätzlich zahlreiche Kurzzeitmessungen im Rahmen einer Masterarbeit

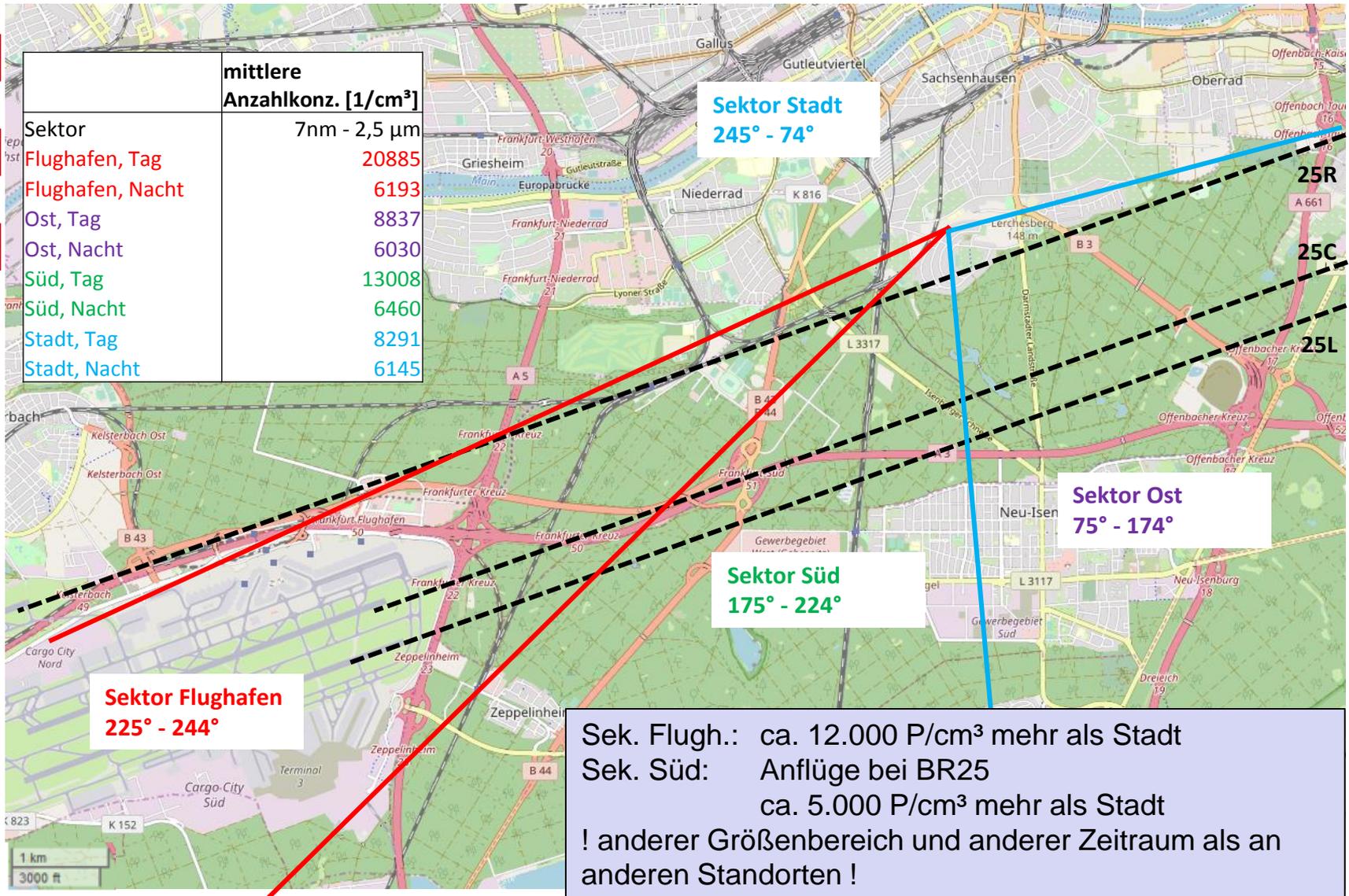
# Frankfurt-Sachsenhausen



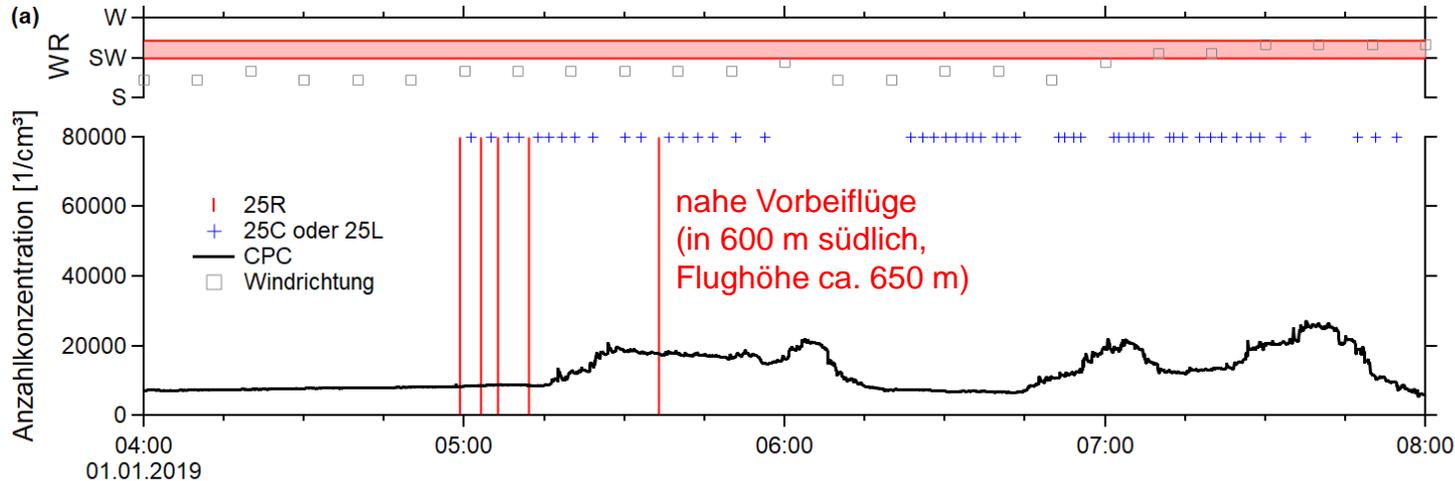
# Windabhängigkeit Frankfurt-Sachsenhausen, $1,7 \text{ nm} - 2,5 \mu\text{m}$ , Mittelwert 5 – 23 Uhr



# Frankfurt-Sachsenhausen

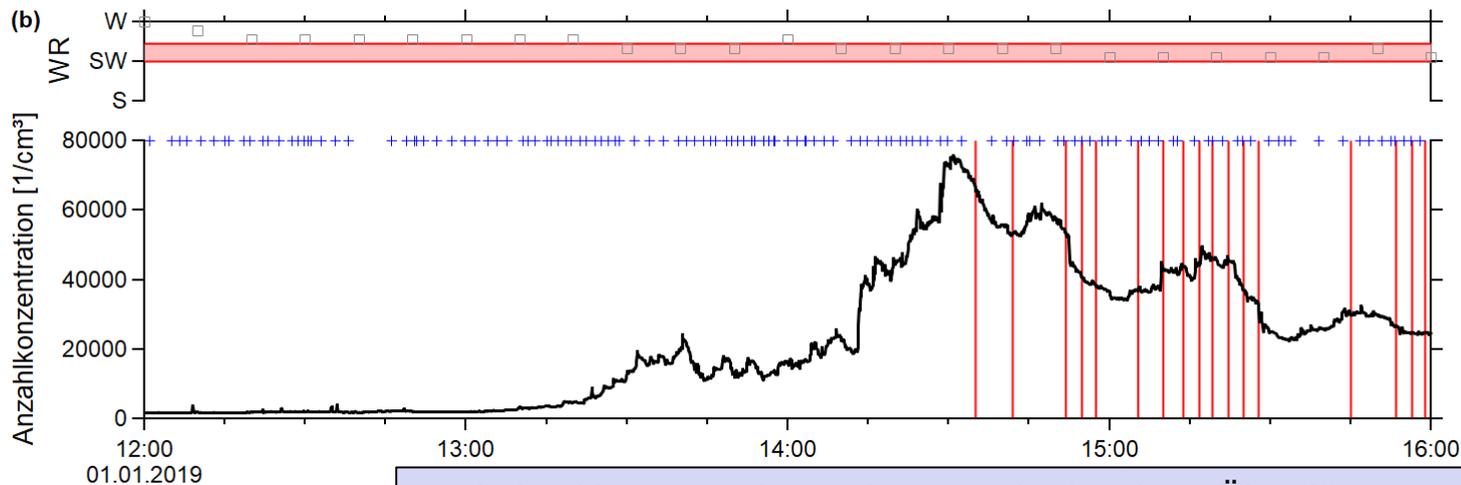


# Frankfurt-Sachsenhausen (Beispiel vom 01.01.2019)



Windsektor Flugh.

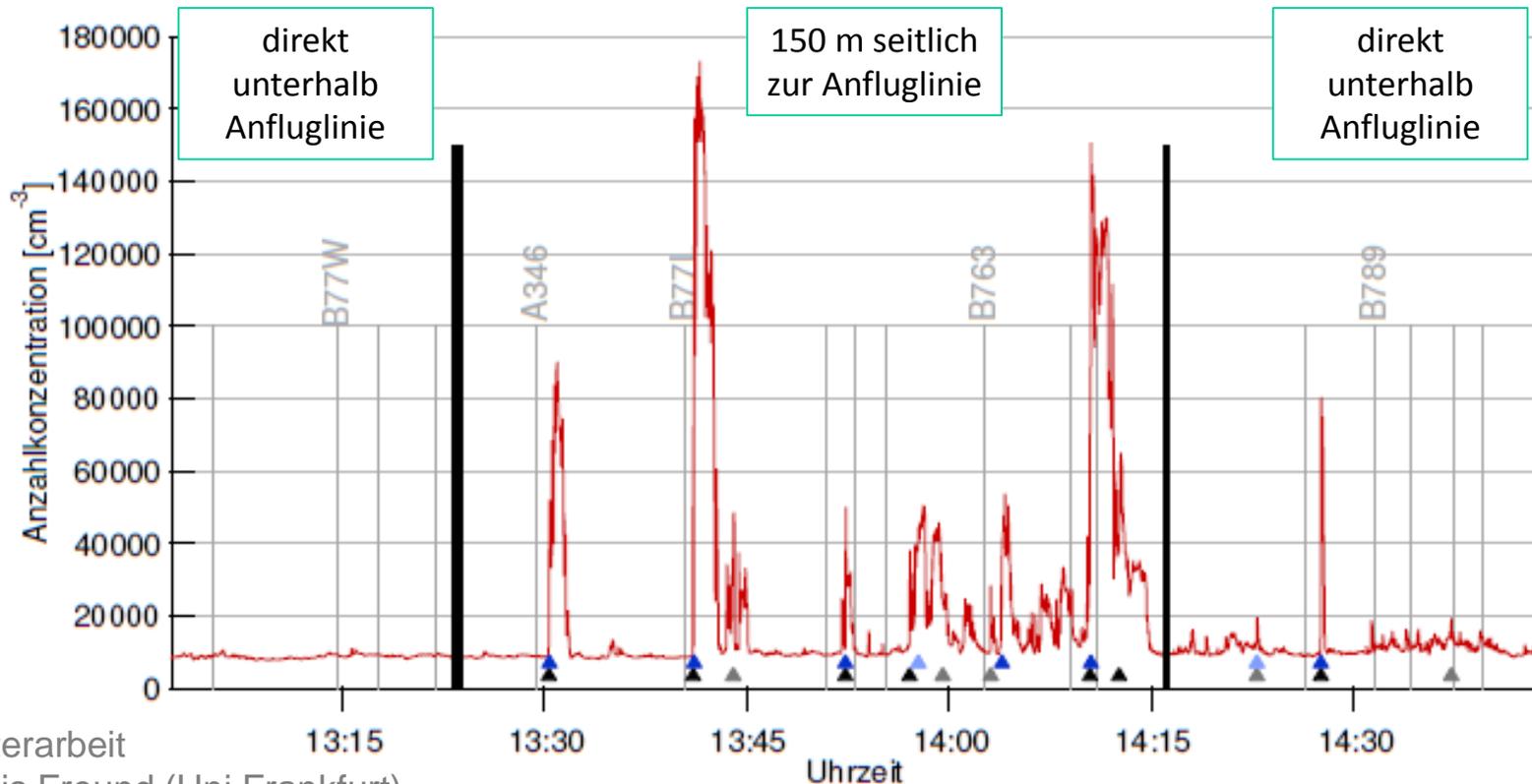
ferne Vorbeiflüge  
(in 2,5 km südlich,  
Flughöhe ca. 400 m)



- keine Konzentrationsspitzen nach einzelnen Überflügen
- Konz. bleibt hoch auch wenn keine nahen Vorbeiflüge
- bei SSW-Wind: Konz. variiert mit fernen Vorbeiflügen (zeitl. versetzt)
- geringe Konz. bei Wind aus Westen

# Kurzzeitmessungen mit mobilem Partikelzähler

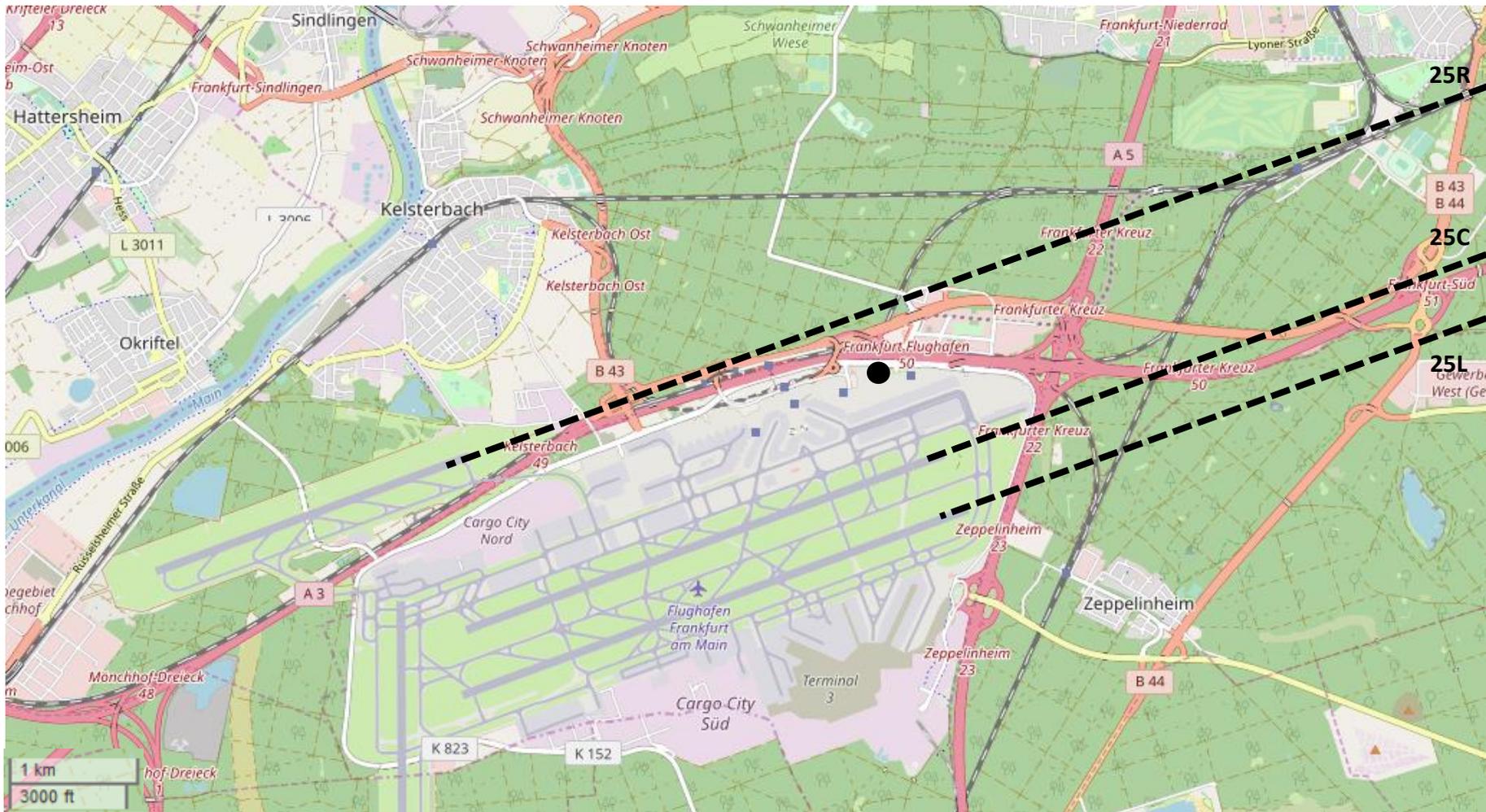
## Beispiel: Standort mit **100 m Überflughöhe**



Masterarbeit  
Jannis Freund (Uni Frankfurt)

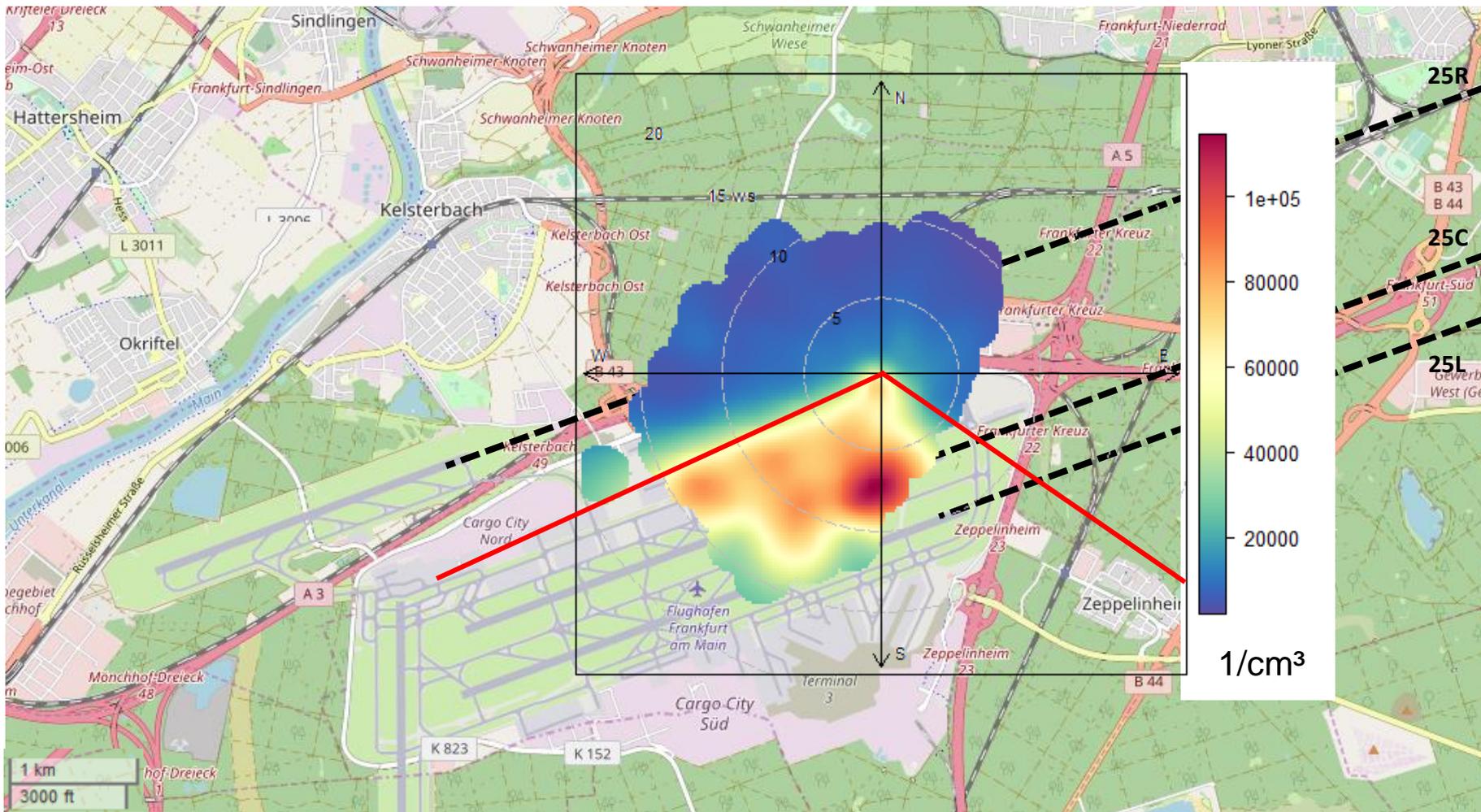
- auch bei niedrigen Flughöhen erzeugt nicht jeder Überflug eine Konzentrationsspitze
- Konz.anstieg ca. 50 s nach Überflug

# Frankfurt-Flughafen-A3



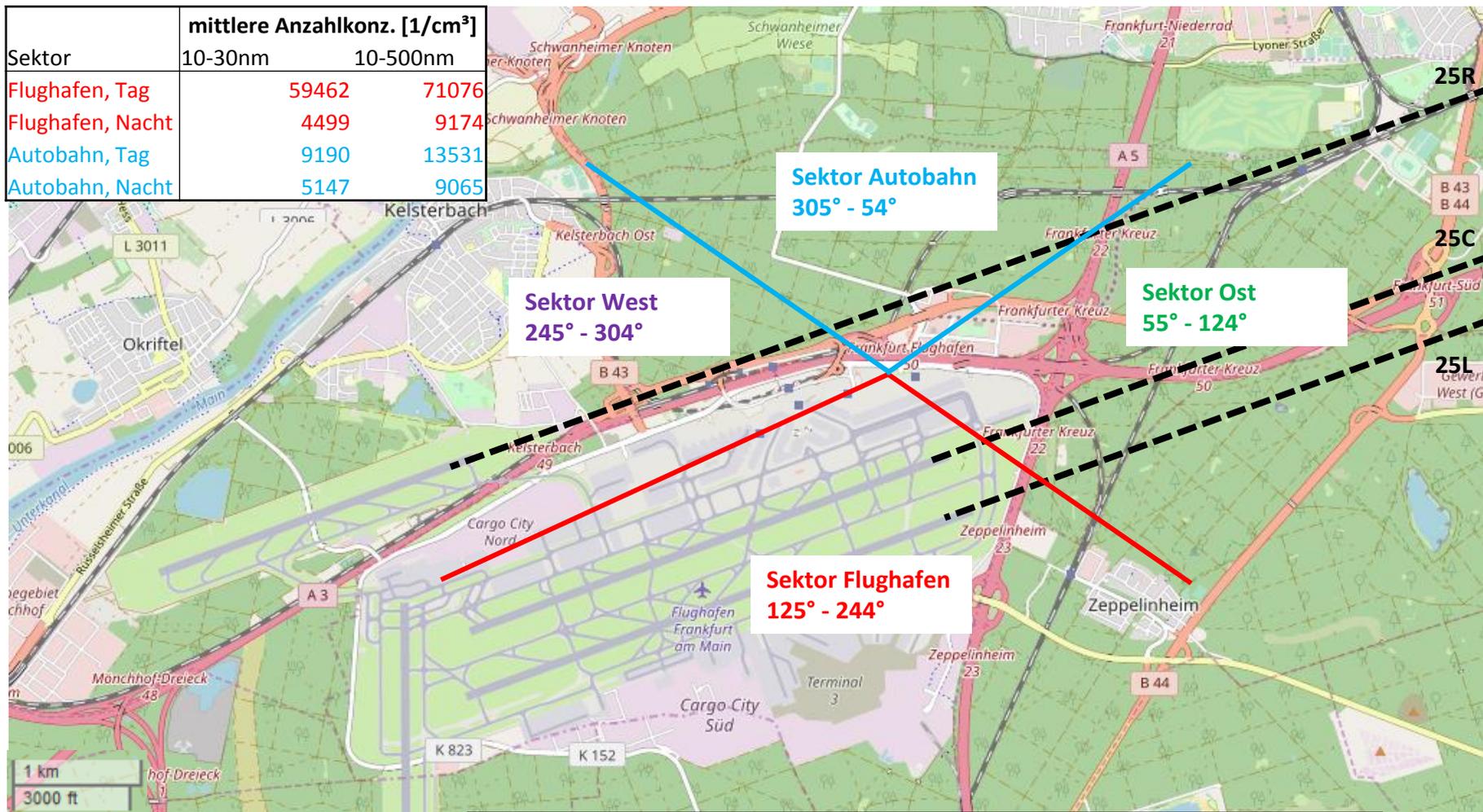
# Windabhängigkeit

## Frankfurt-Flughafen-A3, 10 – 500 nm, Mittelwert 5 – 23 Uhr



# Frankfurt-Flughafen-A3

| Sektor           | mittlere Anzahlkonz. [ $1/\text{cm}^3$ ] |          |
|------------------|------------------------------------------|----------|
|                  | 10-30nm                                  | 10-500nm |
| Flughafen, Tag   | 59462                                    | 71076    |
| Flughafen, Nacht | 4499                                     | 9174     |
| Autobahn, Tag    | 9190                                     | 13531    |
| Autobahn, Nacht  | 5147                                     | 9065     |



Beitrag vom Flughafen über 60.000 P/cm<sup>3</sup>  
 Beitrag von 100 m entfernter Autobahn weniger als 5.000 P/cm<sup>3</sup>

## Erkenntnisse: Flughafen Frankfurt

- Flughafengelände als dominante Quelle für UFP bestätigt
- Beitrag der nahegelegenen Autobahn A3 zu UFP-Konz. relativ gering
- einzelne Überflüge nur in unmittelbarer Nähe zum Flughafen als Spitzen in UFP-Konzentration sichtbar; auch nur unter bestimmten Bedingungen (Standort, Meteorologie, Flugzeugtyp?)
- allerdings scheint *Gesamtheit* der Anflüge bei niedrigen Flughöhen einen Beitrag zur bodennahen UFP-Konzentration zu leisten – Beitrag jedoch geringer als Flughafengelände
- UFP-Quelle „Flugbetrieb“ erstreckt sich über Flughafengelände + Anflugkorridore (bis ca. 400 m Flughöhe)
  - ⇒ Partikel werden mit Wind ins Umland getragen
  - ⇒ großer Beitrag auch in 7,5 km Entfernung (F-Sachsenhausen)

# Ausblick

- Messungen an weiteren Standorten bereits in Betrieb

F-Oberrad, F-Niedwald, F-Flughafen-Ost

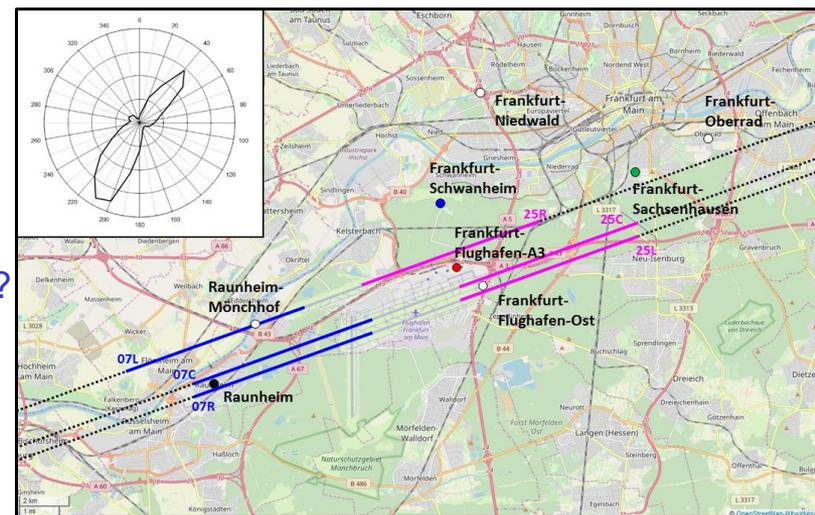
⇒ Wie sind Beiträge vom Flughafengelände und von An-/Abflügen in größerer Entfernung bzw. bei größeren Flughöhen?

⇒ Wie sieht es direkt auf dem Flughafengelände aus?

- kontinuierliche Messungen unterhalb Anfluglinie (100 m Flughöhe) geplant  
Raunheim-Mönchhof

⇒ unter welchen Bedingungen ist Effekt in UFP-Konzentration sichtbar?

- chemische Zusammensetzung der Partikel als Forschungsprojekt geplant



Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende unter [ODbL 1.0](https://www.openstreetmap.org/); Winddaten: DWD Climate Data Center, Stations-ID 1420; Zeitraum 09/2017 – 02/2019)

## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Neueste Ergebnisse des HLNUG zum Thema „Ultrafeine Partikel“ unter

<https://www.hlnug.de/?id=12083>