

# Messung ultrafeiner Partikel im Umfeld des Frankfurter Flughafens

**Stefan Jacobi <sup>a</sup>, Holger Gerwig <sup>b</sup>, Wilma Travnicek <sup>a</sup>, Klaus Wirtz <sup>b</sup>**

<sup>a</sup> HLNUG, Wiesbaden

<sup>b</sup> Umweltbundesamt, Langen

Informationen zum Thema UFP  
Fluglärmkommission, 28. September 2016

# Einleitung / Motivation

- Rechtliche Lage (2008/50/EU):  
Beurteilung der Partikelbelastung nach  
*Massenkonzentration*  
Grenzwerte für  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$
- „Proxy“ hinreichend  
zur Charakterisierung der Belastung ?
- Wirkungsforschung:  
physik. / chem. Differenzierung gefragt
- Wissenslücke!  
(Keine Anforderung  $\Leftrightarrow$  keine Messung ,  
Henne und Ei ...)

# Einleitung / Motivation

- *Ultrafeine Partikel* ( $d < 100$  nm) verstärkt in der Diskussion
- Gesundheitsrelevanz in verschiedenen Studien gezeigt aber Wissensstand noch unzureichend (im Vergleich zu  $PM_{10}/PM_{2,5}$ )
- Neben „physikalischer Einwirkung“, Eintrag anhaftender toxischer Verbindungen insbesondere verschiedene Metalle, PAH, Endotoxine
- Besondere Problematik:  
Berichte über erhöhte UFP-Konzentrationen auch im weiteren Umfeld von Flughäfen

# Einleitung / Motivation

- Vielfältige Quellen

anthropogen in erster Linie:  
**Verbrennungsprozesse**  
(Verkehr (inkl. Flugverkehr),  
Hausbrand, Industrie,  
Kleingewerbe ...)

und:  
sekundär gebildet aus den  
primär freigesetzten Gasen  
(gas to particle conversion)



HLNUG



HLNUG



© Steve Mann - Fotolia.com



HLNUG

# Standort / Instrumentierung

## Luftmessstation Raunheim

Betrieb seit 1976

Charakter:  
urbaner Hintergrund

ca. 6 km SW  
vom Flughafen Frankfurt



Gerwig/UBA

# Standort / Instrumentierung



# Standort / Instrumentierung

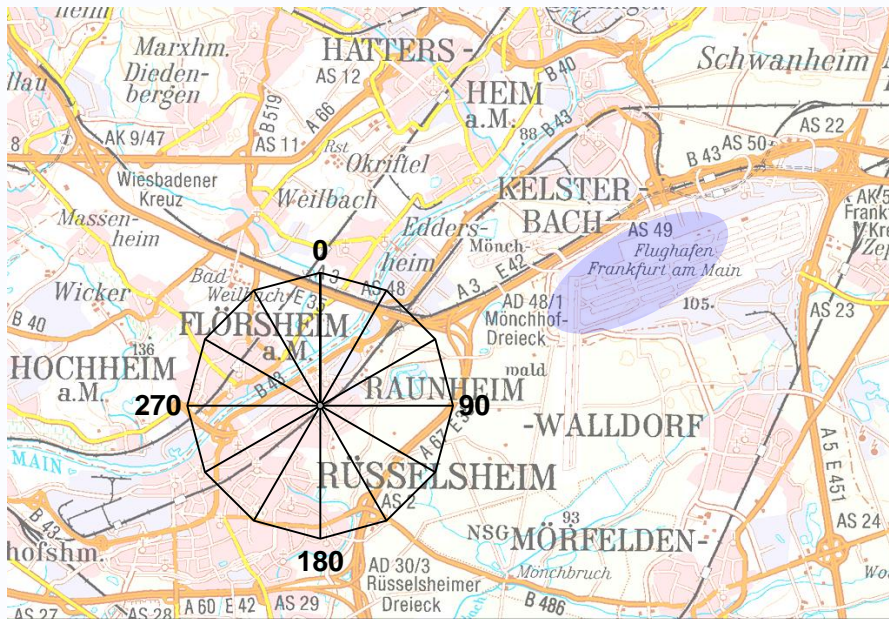
- *Start: 3. September 2015*
- Eingesetztes Gerät: UCPC TSI 3776 mit Labview-Programm (UBA)
- Messbereich: 3 – 1000 nm
- Probenahme 1m<sup>3</sup>/h, 14tägige Wartung
- PM<sub>1</sub>-Vorabscheider (Aerosolsplitter, TROPOS)
- Abgasreinigung durch katalytische Verbrennung
- Datenübertragung an UBIS-Datenbank des HLNUG
- Zusätzlich erhobenen Daten:  
NO/NO<sub>2</sub>, CO, Ruß, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>,  
meteorologische Größen



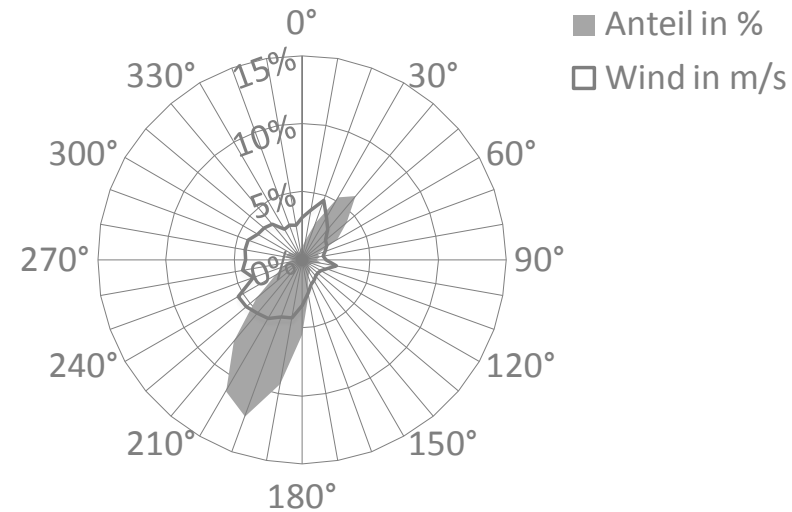
Gerwig/UBA

# Ergebnisse UFP

## Windverhältnisse am Frankfurter Flughafen (Station des DWD)



Karte:© Bundesamt für Kartographie u. Geodäsie, Frankfurt a.M.



**Hauptwindrichtung  
SSW und NNE**

**Sept. 2015 – März 2016**



# Ergebnisse UFP

Vergleich der mittleren und maximalen UFP-Konzentrationen mit anderen Schadstoffen an der Station Raunheim  
September 2015 – März 2016

	Einheit	Mittel	Max. 1h-Wert	Max. 5 sec-Wert
UFP	1/cm <sup>3</sup>	16.100	142.000	485.000
Ruß	µg/m <sup>3</sup>	1,6	11,6	26
NO	µg/m <sup>3</sup>	21,9	319	628
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	29,6	98	182
CO	mg/m <sup>3</sup>	0,37	1,87	
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	18,6	93,1 (477*)	
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	1,3	9,7 (11,3*)	

\*: Silvesternacht

# Ergebnisse UFP

Vergleich der bisher gemessenen UFP-Konzentrationen mit ausgewählten anderen Messorten

Ort	Stations-typ	Messbereich (nm)	Mittel (1/cm <sup>3</sup> )	Median (1/cm <sup>3</sup> )	Max. 1h-Wert (1/cm <sup>3</sup> )	Mittelungszeitraum
Raunheim	urb. HG	3 – 1000	16.100	12.300	142.0000	09.15- 03.16 <sup>1</sup>
Langen	urb. HG	3 – 1000	12.200	10.500	67.000	2010 – 2013 <sup>2</sup>
Berlin	urb. HG	4,5 – 1000	8.700	7.700	49.000	05.- 08.14 <sup>3</sup>
Dresden	Verkehr	5 – 800	14.923			2010 – 2013 <sup>4</sup>
Leipzig	Verkehr	5 – 800	16.321			2010 – 2013 <sup>4</sup>
Melpitz	ländl. HG	5 – 800	5.651			2010 – 2013 <sup>4</sup>

<sup>1</sup>diese Arbeit

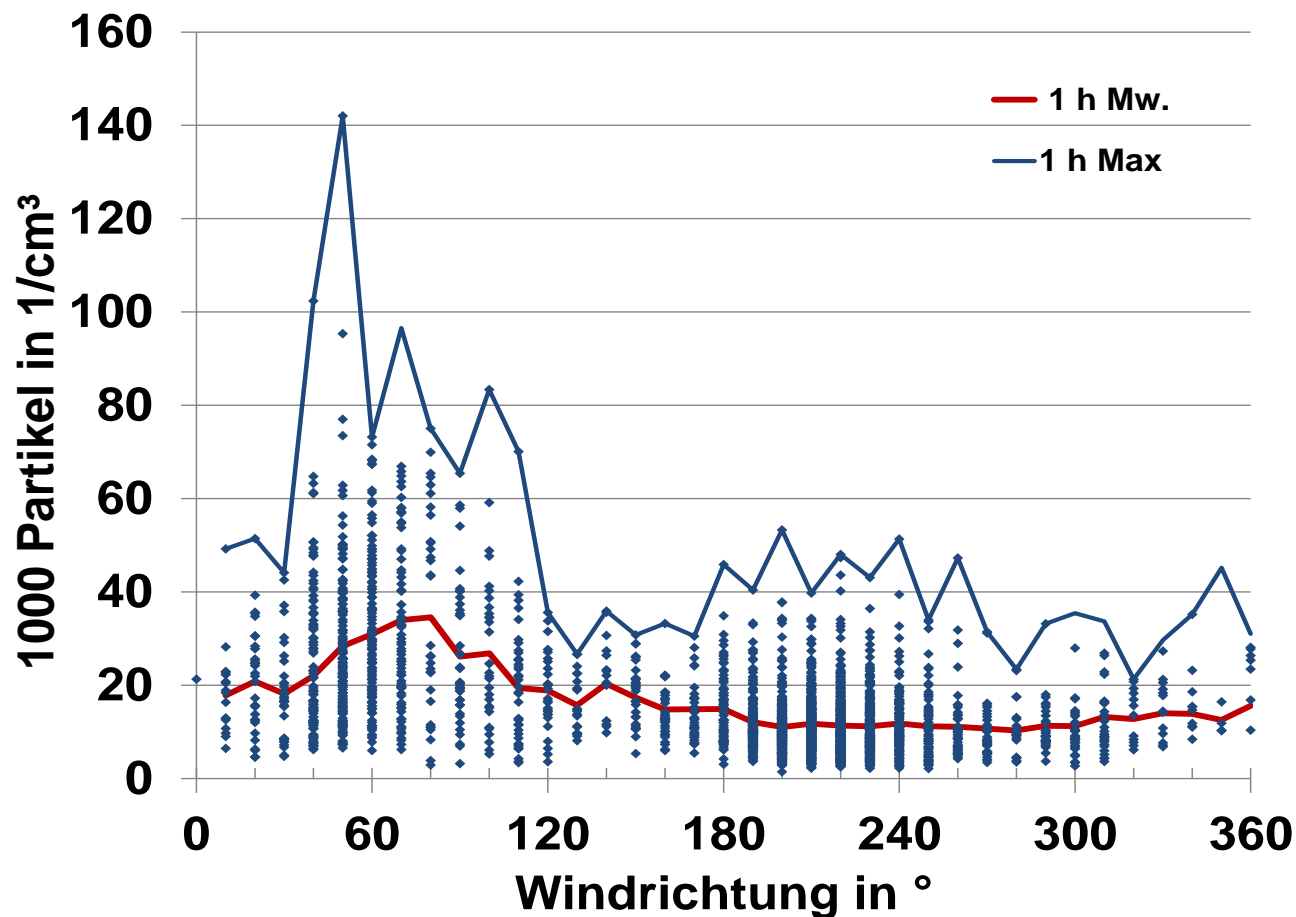
<sup>2</sup>Gerwig et al. (2014)

<sup>3</sup>Schneidermesser et al. (2016)

<sup>4</sup>LfULG (2016)

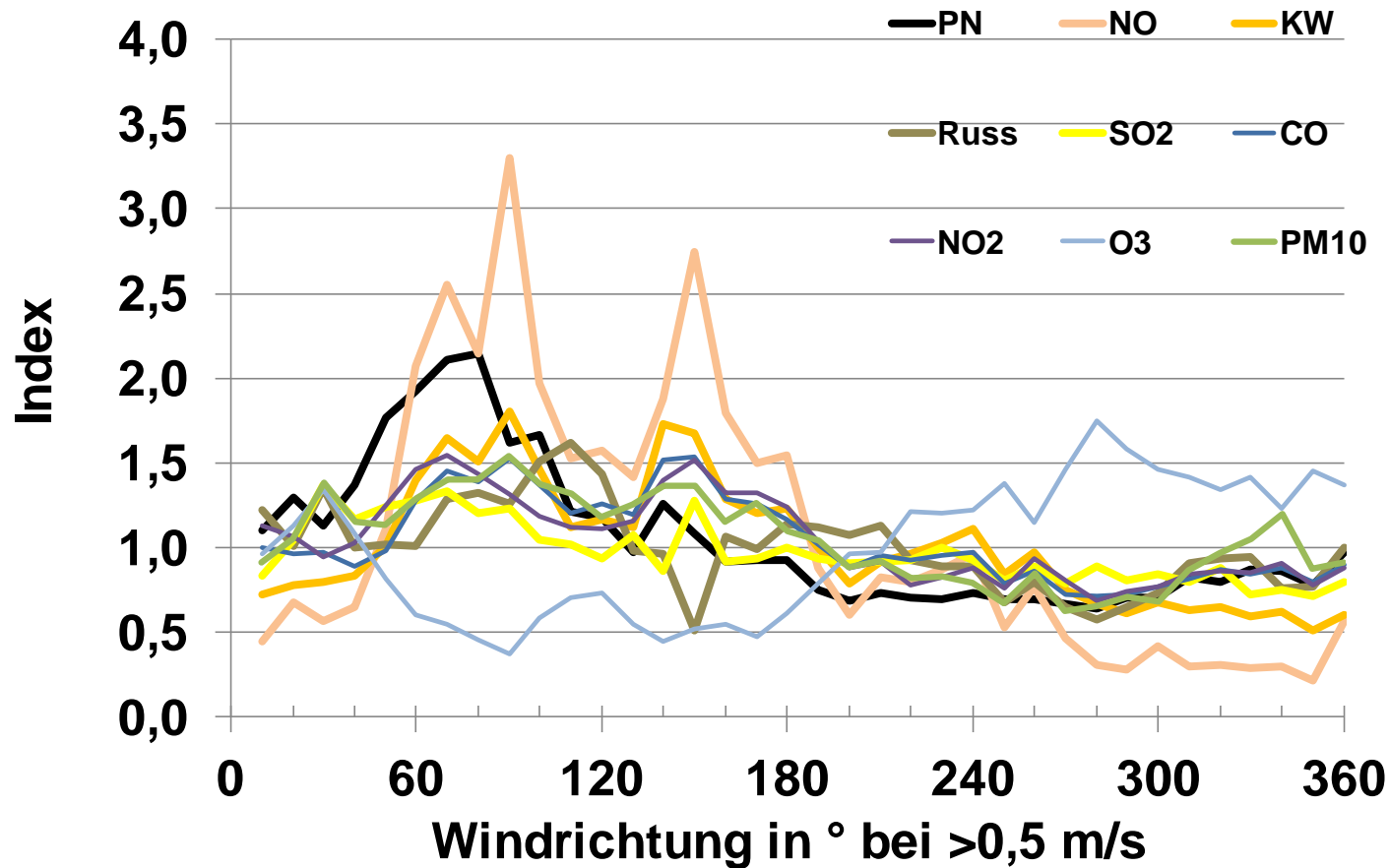
# Ergebnisse UFP

## UFP-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Windrichtung



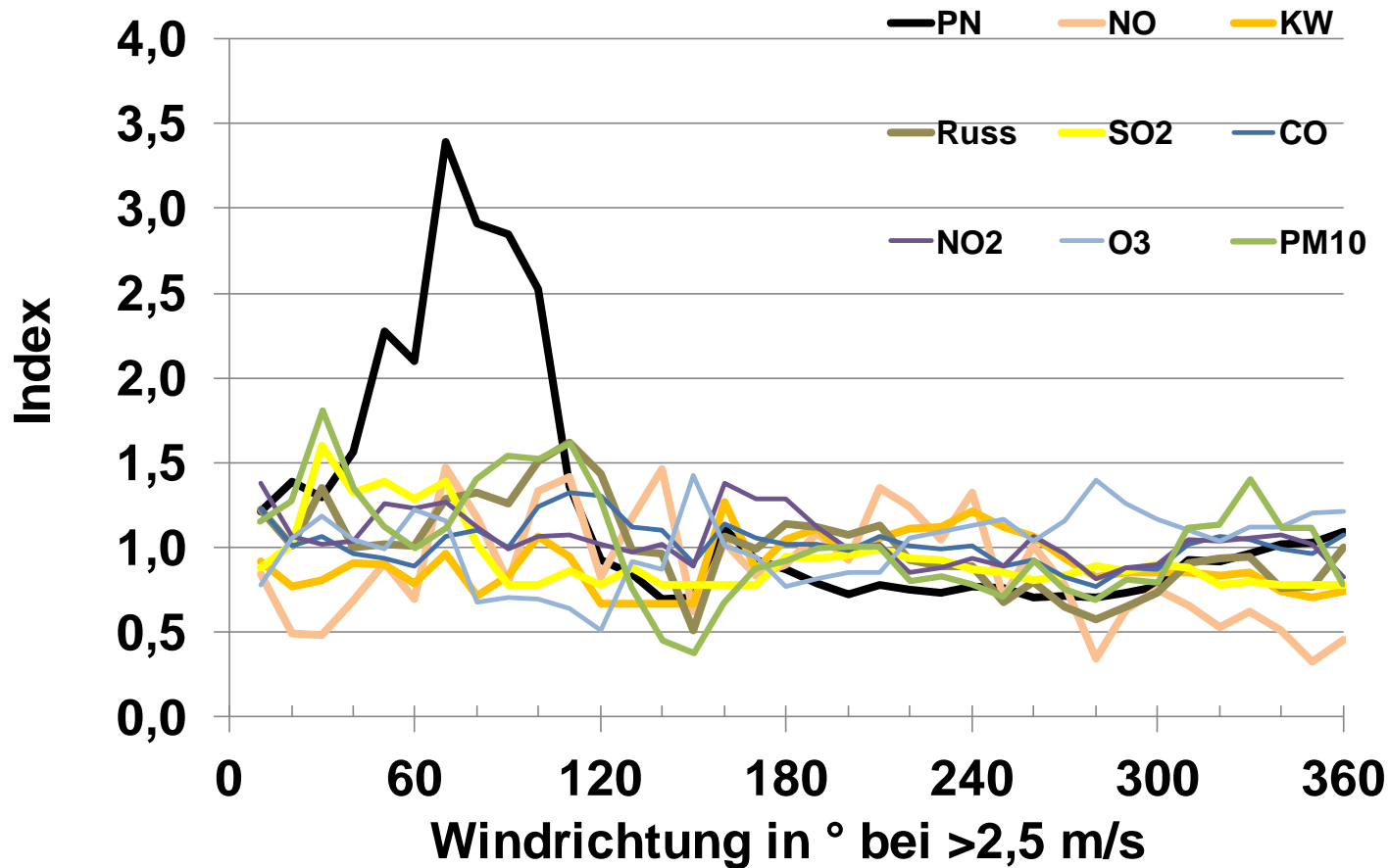
# Ergebnisse UFP

UFP und andere Schadstoffe in Abhängigkeit von der Windrichtung **bei Windg. >0,5 m/s**  
Index: Verhältnis [MW pro 10° Sektor/MW gesamt],



# Ergebnisse UFP

UFP und andere Schadstoffe in Abhängigkeit von der Windrichtung **bei Windg. >2,5 m/s**  
Index: Verhältnis [MW pro 10° Sektor/MW gesamt],



# Ergebnisse UFP

## Station Raunheim

Windrichtungsverteilung  
(%-ualer Anteil Wind aus  
Richtung ...)

und

Konzentrationswindrose  
(mittl. Konz. bei Wind  
aus Richtung ...)

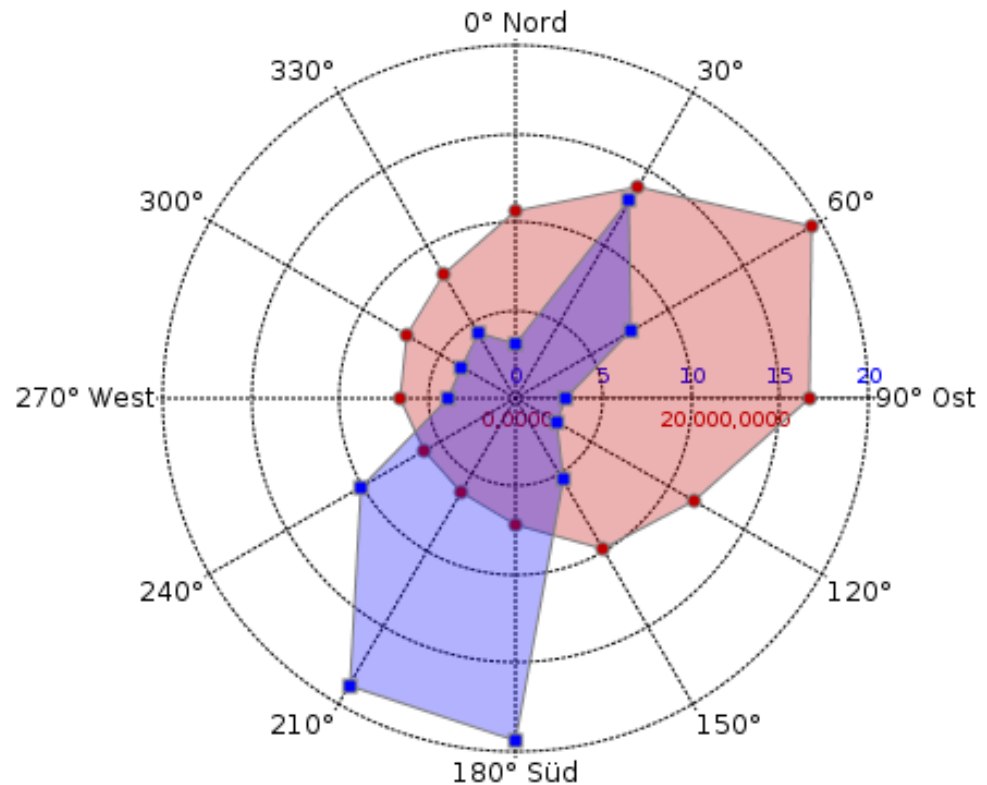
für UFP

Skalierung

Windrichtung: 5 %

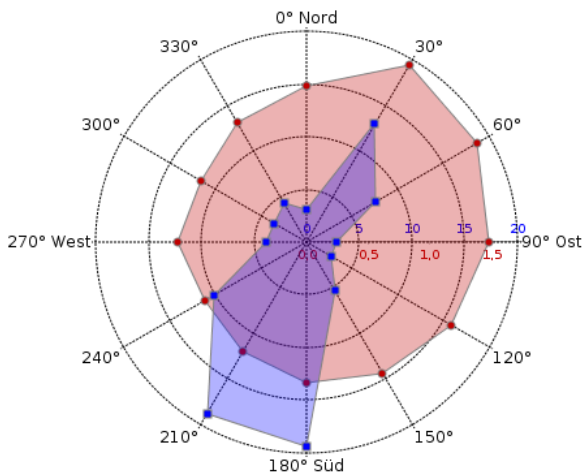
UFP: 8400 P/cm<sup>3</sup>

## September 2015 - März 2016

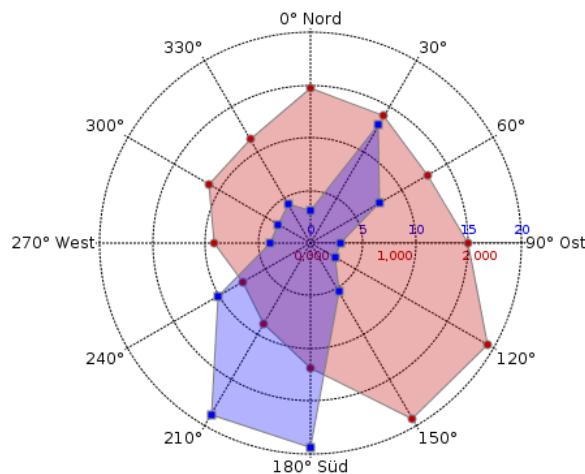


■ Raunheim/Windrichtung [%] ■ Raunheim/Anzahl der Partikel [P/cm<sup>3</sup>]

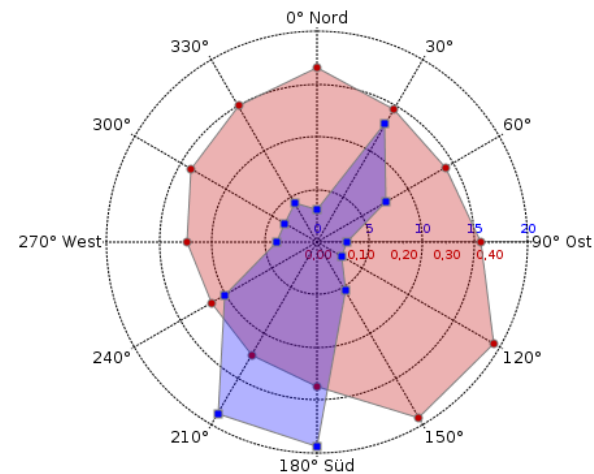
## Wind- und Konzentrationswindrose verschiedener Komponenten



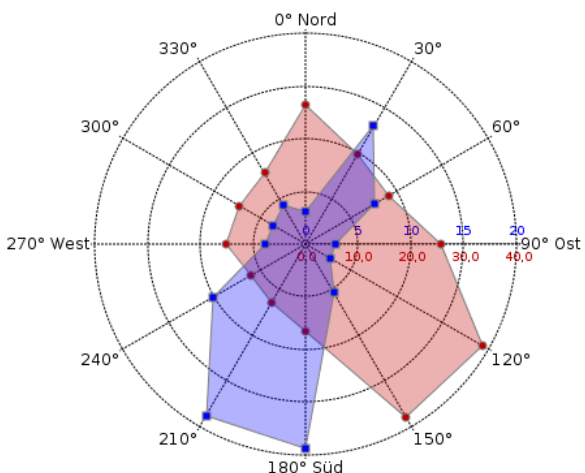
SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)



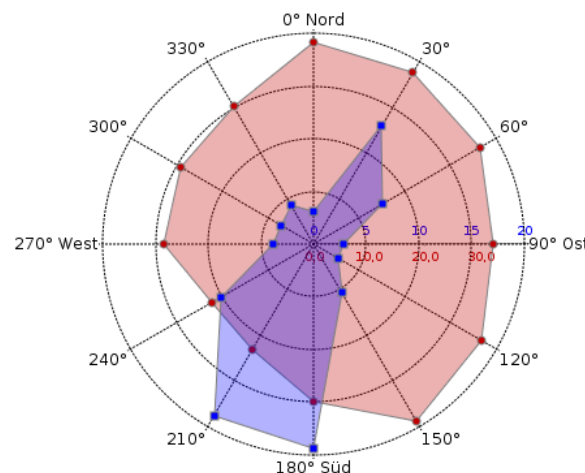
Ruß (µg/m<sup>3</sup>)



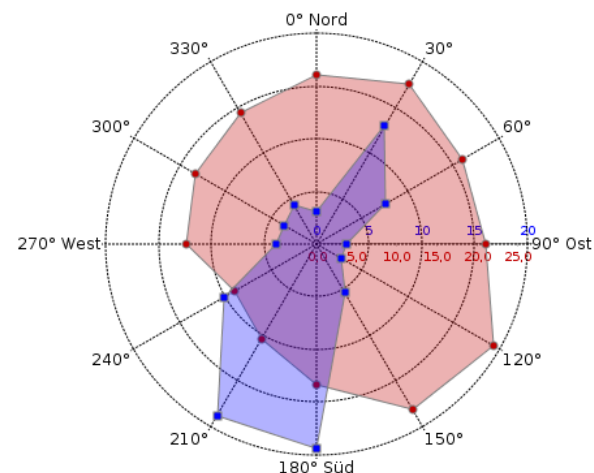
CO (mg/m<sup>3</sup>)



NO (µg/m<sup>3</sup>)



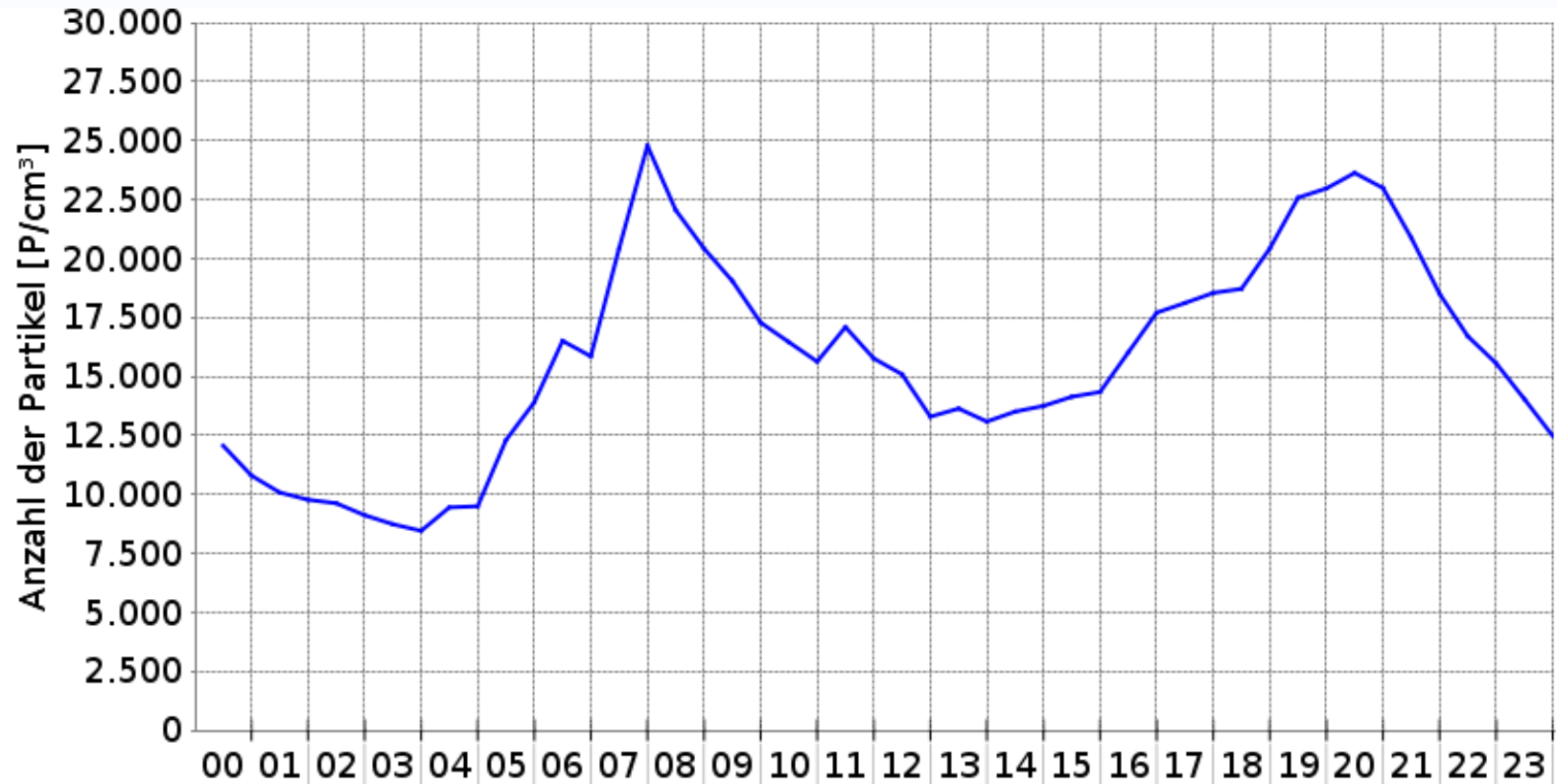
NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)



PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

# Ergebnisse UFP

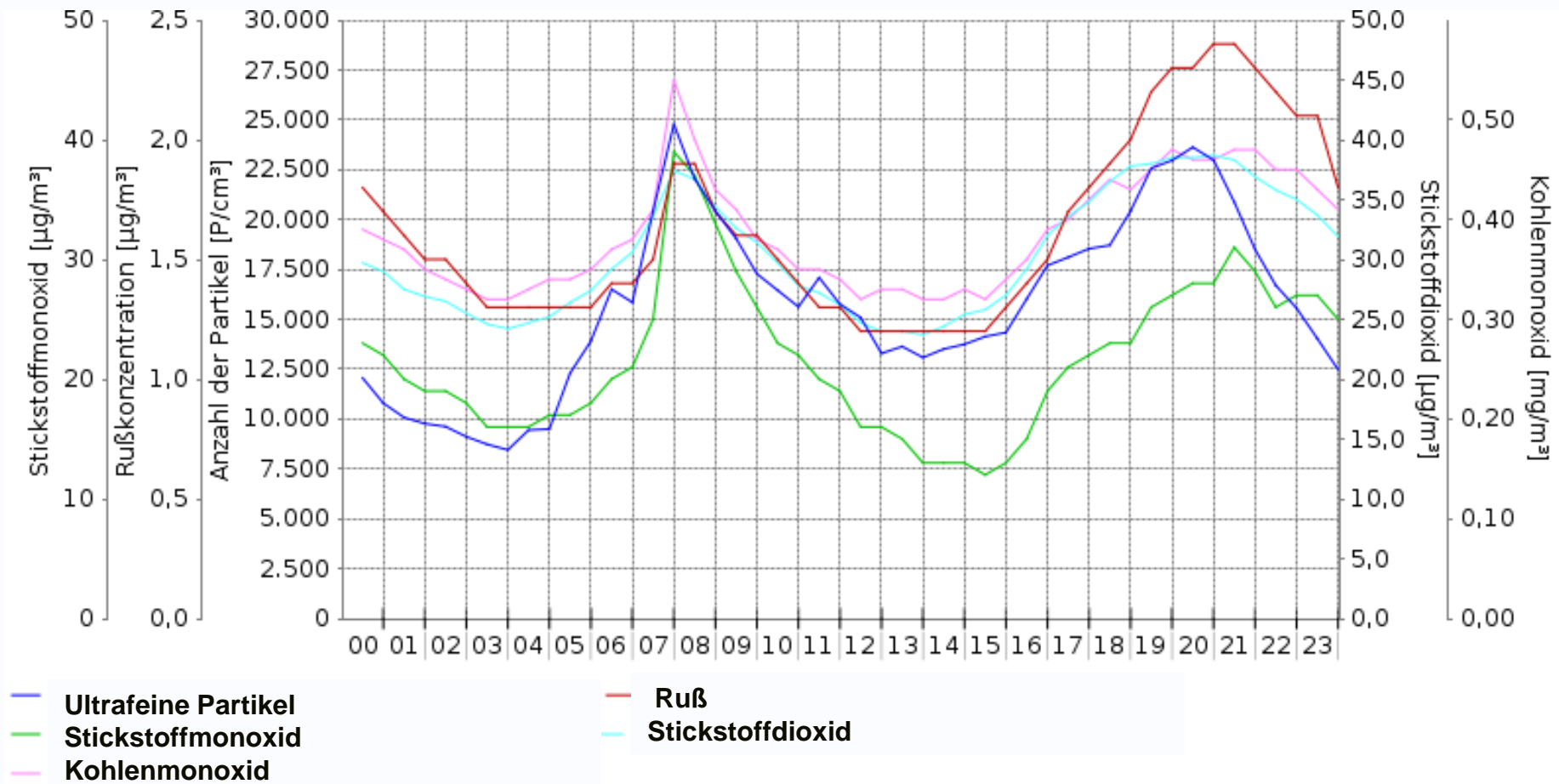
Mittlerer Tagesgang UFP, 1/2h-Werte, 19.11.15 – 31.3.16





# Ergebnisse UFP

## Mittlerer Tagesgang UFP, NO, NO<sub>2</sub>, CO und Ruß, 19.11.15 – 31.3.16



# Ergebnisse UFP

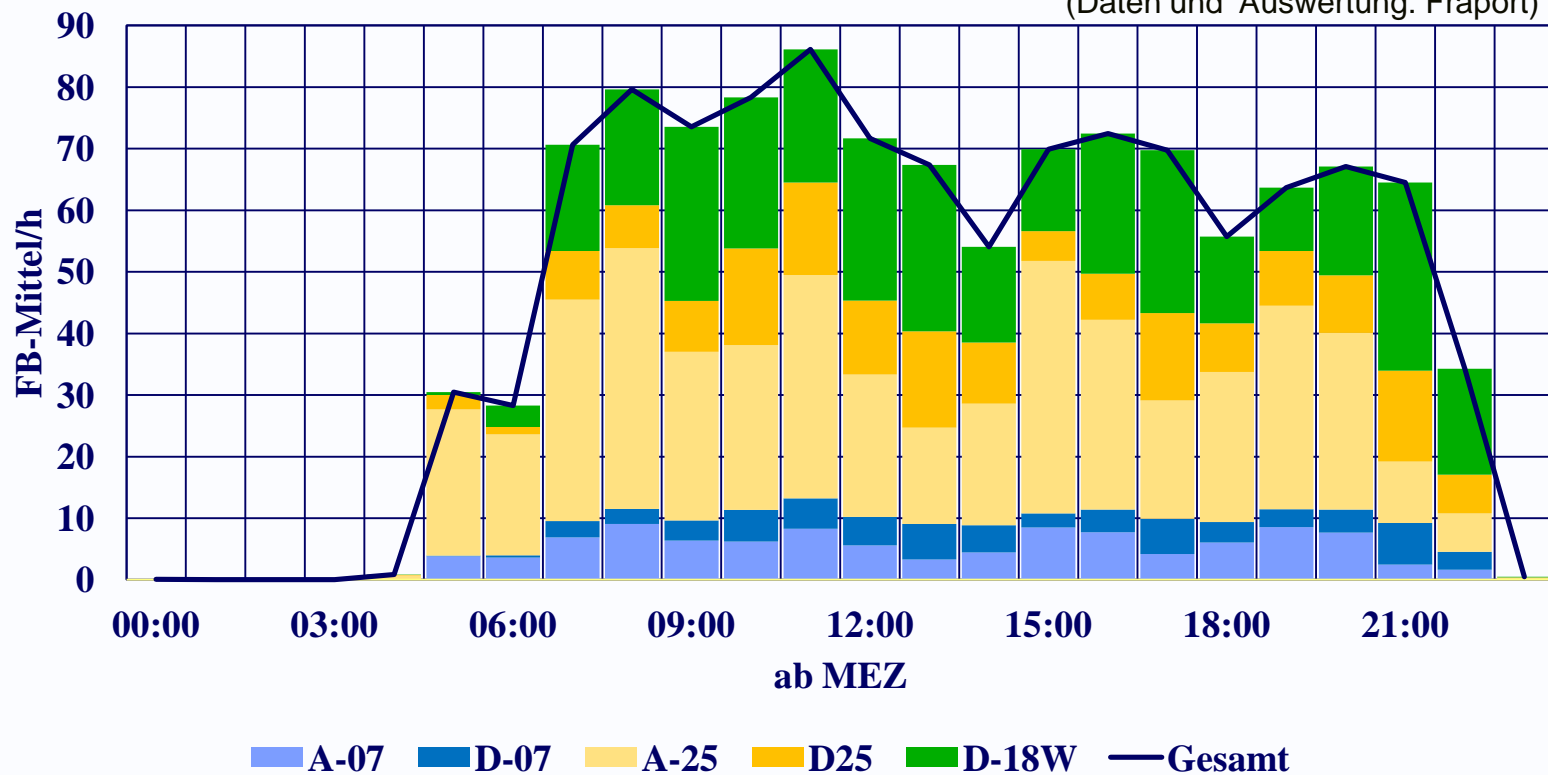
## Mittlerer Tagesgang aller Flugbewegungen, 01.11.15 – 31.3.16

A: arrival / D: departure

Betriebsrichtung: 07 (Ostwind) / :25 (Westwind)

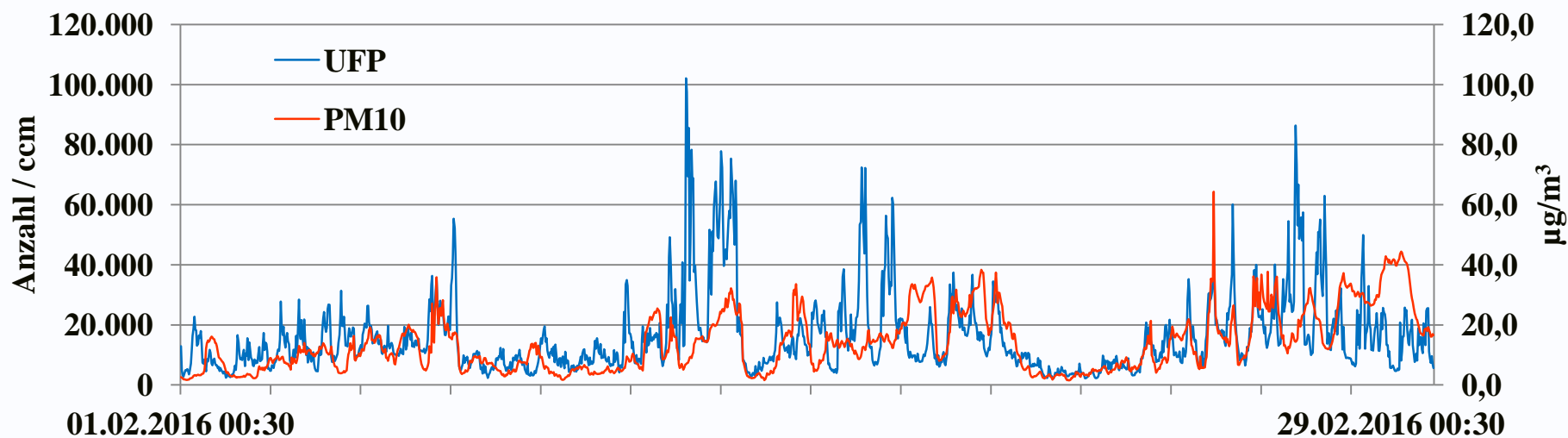
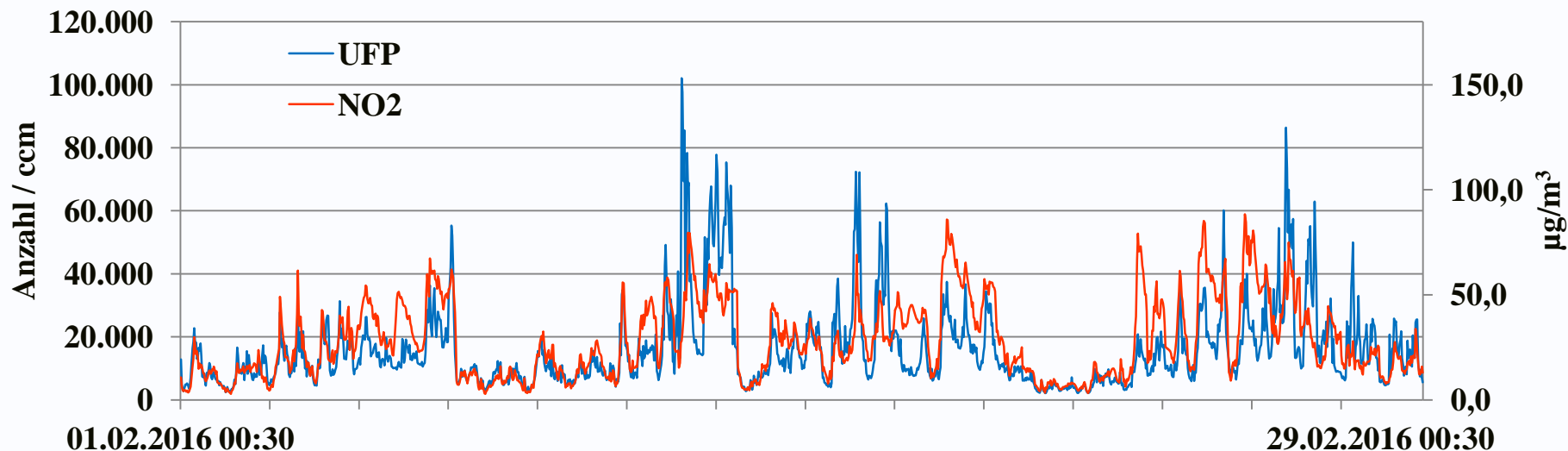
D-18W: Startbahn 18 West

(Daten und Auswertung: Fraport)



■ A-07 ■ D-07 ■ A-25 ■ D25 ■ D-18W — Gesamt

# Ergebnisse UFP



# Zusammenfassung

- Erste Ergebnisse (ca. 6 Monate) zeigen eine mittlere Belastung von ca. 16.000 P/cm<sup>3</sup>.
- UFP-Konz. liegen im Mittel um ca. 30% höher im Vergleich zum langjährigen MW an der Experimentalstation Langen (UBA)
- Andere Untersuchungen mit ähnlichem Standortcharakter weisen teilweise auch deutlich niedrigere Belastungen auf.
- Sehr kurzfristig (5 sec) können Werte von einigen 100.000 P/cm<sup>3</sup> erreicht (Max: 485.000)
- Eingeschränkte Vergleichsmöglichkeiten (z. B. Mittelungszeitraum, Größenspektrum) sind jedoch zu beachten
- Bei Wind aus östlichen Richtungen (besonders NE/E) werden erhöhte UFP-Konzentrationen gemessen

# Zusammenfassung

- Dies deutet auf einen möglichen Transport UFP aus dieser Richtung hin
- Im Vergleich zu Windrichtungen aus SW waren die Konzentrationen um einen Faktor 2,7 - 3,7 höher.
- Bei höheren Windgeschwindigkeiten ( $>2,5$  m/s) tritt dies ausgeprägter auf als bei niedrigeren ( $>0,5$  m/s)
- Dieses Phänomen tritt nur bei den UFP auf, nicht bei den anderen gemessenen Schadstoffen
- Die UFP zeigen einen ähnlichen Tagesgang wie andere Luftschadstoffe (Maxima am Morgen und am Abend, Minimum um die Mittagszeit)

# Zusammenfassung

- für UFP und SO<sub>2</sub> Maximum in NE-licher Richtung (30 - 60°), für andere Komponenten max. Belastung eher bei Windrichtung SE (120 - 150°)
- Hohe UFP-Konzentrationen treten aber auch bei sehr geringer Häufigkeit östlicher Winde auf
- generell zu bedenken:  
bei Westwind-Wetterlagen herrschen  
i. d. R. höhere Windgeschwindigkeiten, bessere Austauschbedingungen, bessere Verdünnung  
⇒ tendentiell niedrigere Belastung,
- bei Ostwind-Wetterlagen umgekehrt!

# Ausblick

- ✓ Weitere Fortführung und Auswertung der Messungen in Raunheim, ausserdem...
- ✓ Ausweitung auf Messung der Größenverteilung (SMPS),  
Größenbereich: ca. 10 - < 1000 nm,  
Differenzierung in bis zu über 100 Größenklassen ...
- ✓ Beschaffungsmaßnahmen eingeleitet (erhebliche Investitionskosten)
- ✓ Fachliches „Neuland“; Unterstützung und Kooperation angestrebt
- ✓ Soweit möglich: verschiedene Stellen, um potentiellen Einfluss (Flughafen, andere Quellen (z.B. Straßenverkehr?)) besser erfassen und beurteilen zu können
- ✓ Offene Fragen: Quellenzuordnung? Größe der Beiträge verschiedener Quellen?
- ✓ Keine „schnellen und eindeutig abschließende Antworten“ zu erwarten ...

***Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit !***



© dmitrimaruta - Fotolia.com



Für eine lebenswerte Zukunft

Umwelt   
Bundesamt