

Fachgespräch Ultrafeine Partikel

am 23. September 2019
in Eichwalde

Fachgespräch Ultrafeinstaub

Gliederung

- Was ist Ultrafeinstaub ?
 - *Alternativ: ultrafeine Partikel (UFP)*
- Wo kommt Ultrafeinstaub her?
- Was wissen wir über die Konzentrationswerte?
- Wie sind Gesundheitsrisiken zu bewerten?
- Wie wird Ultrafeinstaub gemessen?
- Was macht Flughäfen so prägnant?
 - *Wissenschaftlich*
 - *In der öffentlichen Wahrnehmung*
- Was wird das LfU tun – und mit welchem Ziel?

Was ist Ultrafeinstaub?

Ein paar Schlagworte

Staub = Grobstaub + Feinstaub + Ultrafeinstaub



Sichtbar, wägbar und analysierbar

TA-Luft: Staubniederschlag, Schutz vor erheblichen Belästigungen
 $\leq 0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
(Jahresmittelwert)



wägbar, analysierbar

EU-Richtlinien / 39. BImSchV: Grenzwerte für PM10 und PM2,5 zum Schutz der Gesundheit

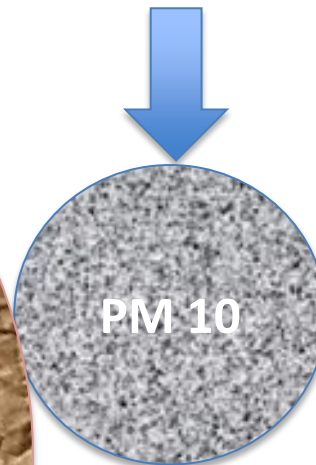


zählbar auf der Partikelebene

keine EU-Grenzwerte, keine deutschen GW, keine Empfehlungen der WHO
ex. diverse Messwerte und Messreihen

Was ist Ultrafeinstaub? Größenverhältnisse

Staub = Grobstaub + Feinstaub + Ultrafeinstaub



Partikel mit einem Durchmesser von < 100 nm

-> Mit dem gewählten Maßstab ist hier nichts zu sehen !!!

Der Doppelpfeil soll 60 µm darstellen -> Durchmesser eines Menschenhaares

Was ist Ultrafeinstaub? Größenverhältnisse

Staub = Grobstaub + Feinstaub + Ultrafeinstaub

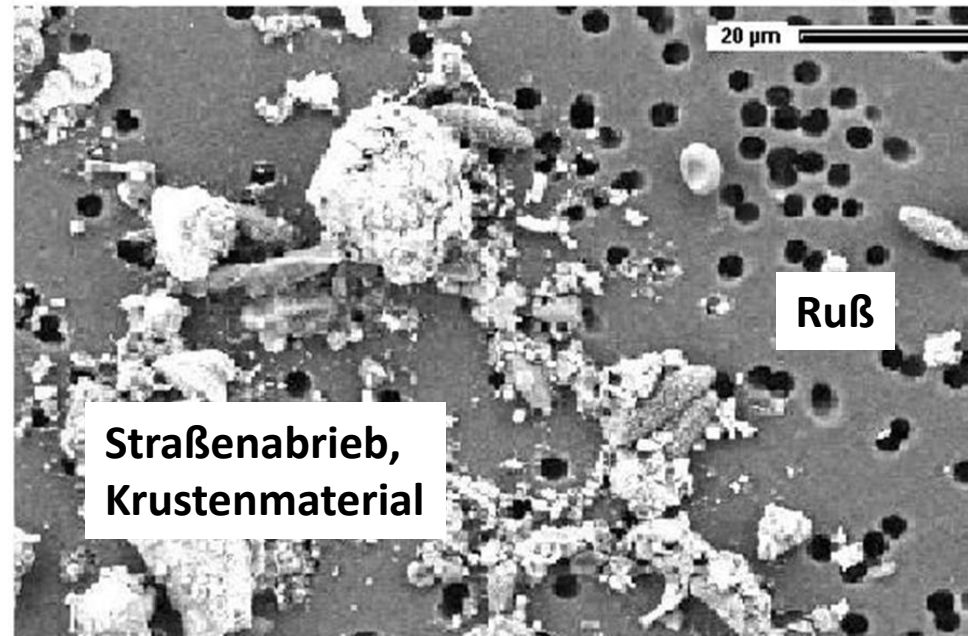


Was ist Ultrafeinstaub? Größenverhältnisse

Staub = Grobstaub + Feinstaub + Ultrafeinstaub



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von PM10-Schwebstaub (Probe auf Filterunterlage)

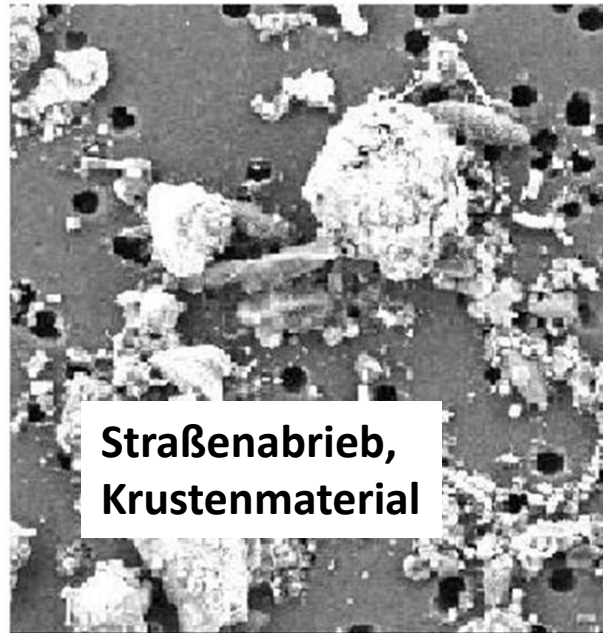


Was ist Ultrafeinstaub? Größenverhältnisse

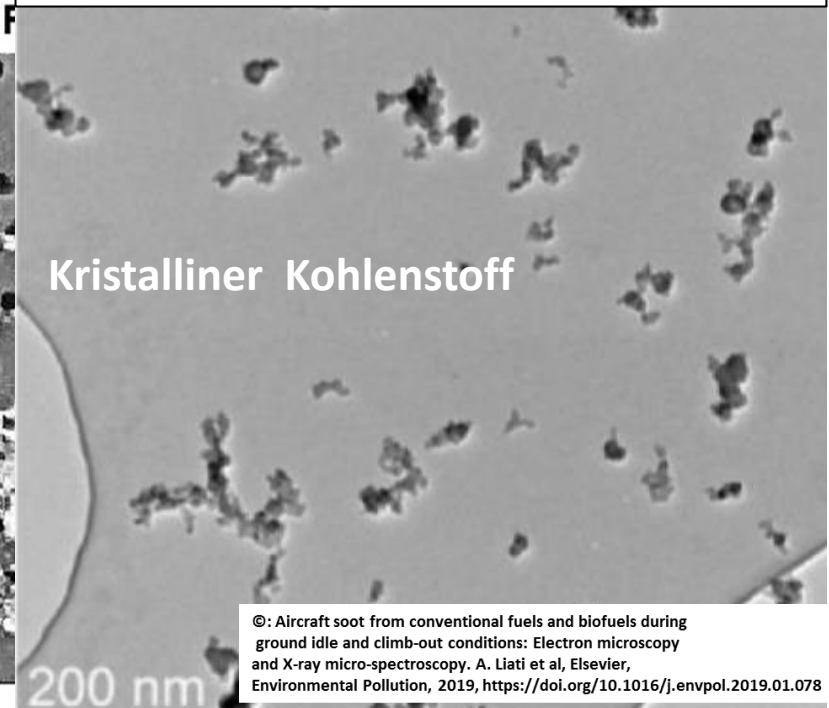
Staub = Grobstaub + Feinstaub + Ultrafeinstaub



Rasterelektronenmikroskopische
PM10-Schwebstaub (Probe auf F



Partikel aus Flugzeugturbine: Take off, Climb



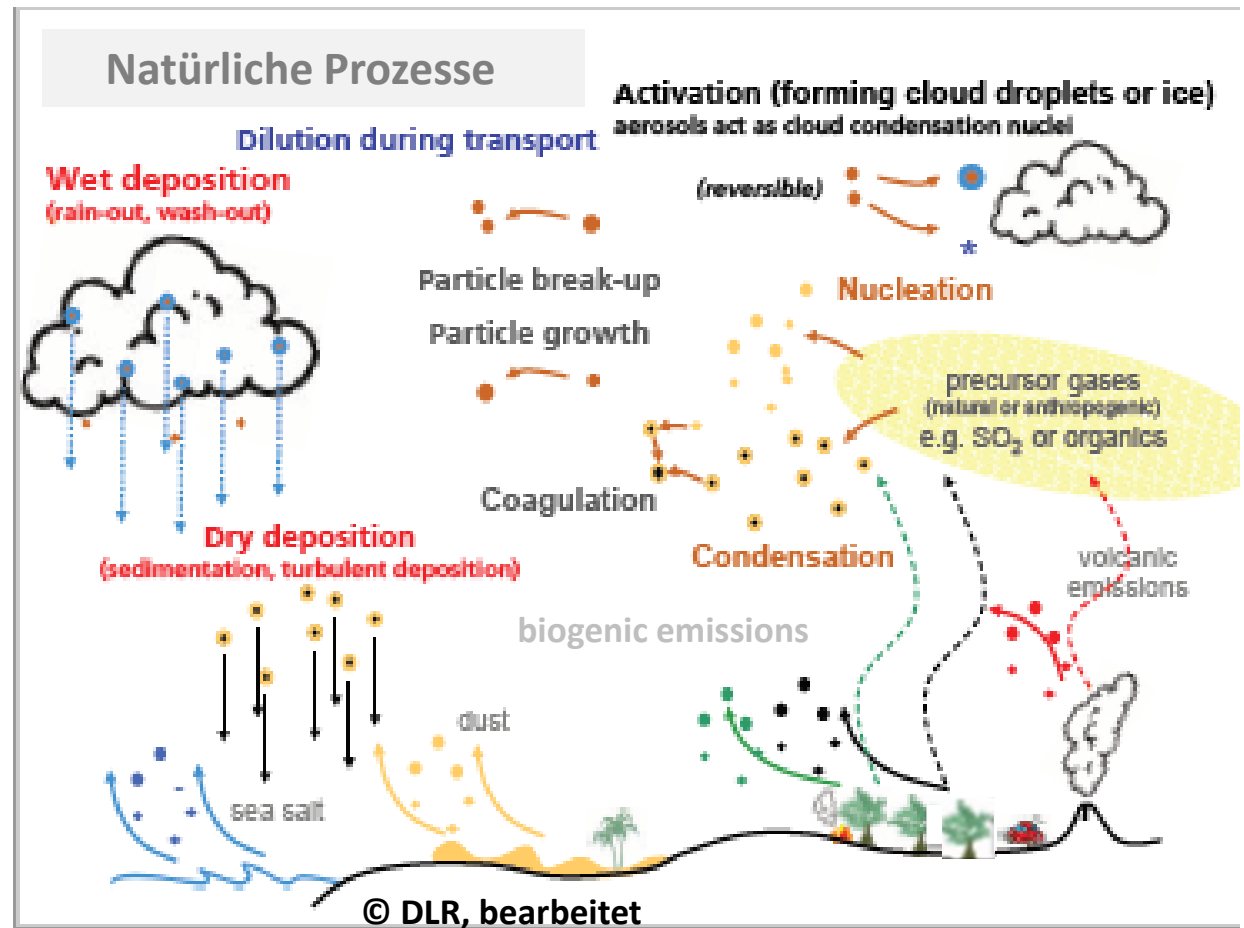
Wo kommen UFP her?

-> UFP gehören zur Natur

In der Erdatmosphäre spielen die UFP eine bestimmende Rolle als **Kondensationskerne** für

- Wolken
- Nebel
- Niederschlag

im **Strahlungshaushalt** und als Ursache **optischer Erscheinungen**



Wo kommen UFP her?

-> Anthropogene Verbrennung

anthropogene Einflüsse kommen zu den natürlichen Emissionen hinzu, solche Partikel verändern sich in der Atmosphäre bes. auffällig – physikalisch und chemisch:

- Oft zunächst Gas-Partikel-Phase an der Quelle, dann Partikelwachstum

Homogene und heterogene Nukleation,
Kondensation und Koagulation

- Bildung von Sekundärpartikeln nach der Emission

$\text{SO}_2 + 2\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Sulfat-Aerosole}$

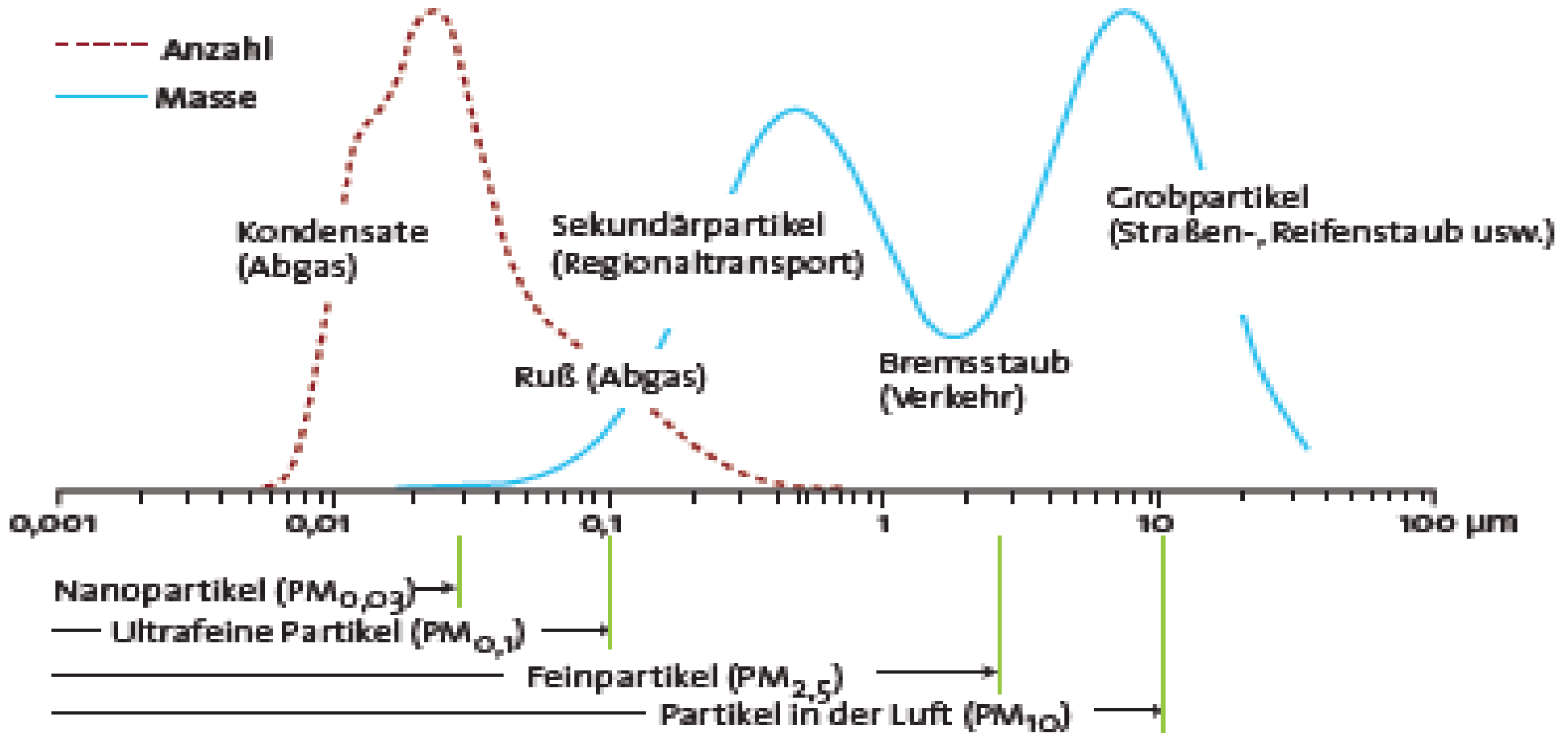
$\text{NO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Nitrat-Aerosole}$

VOC \rightarrow Organische Aerosole



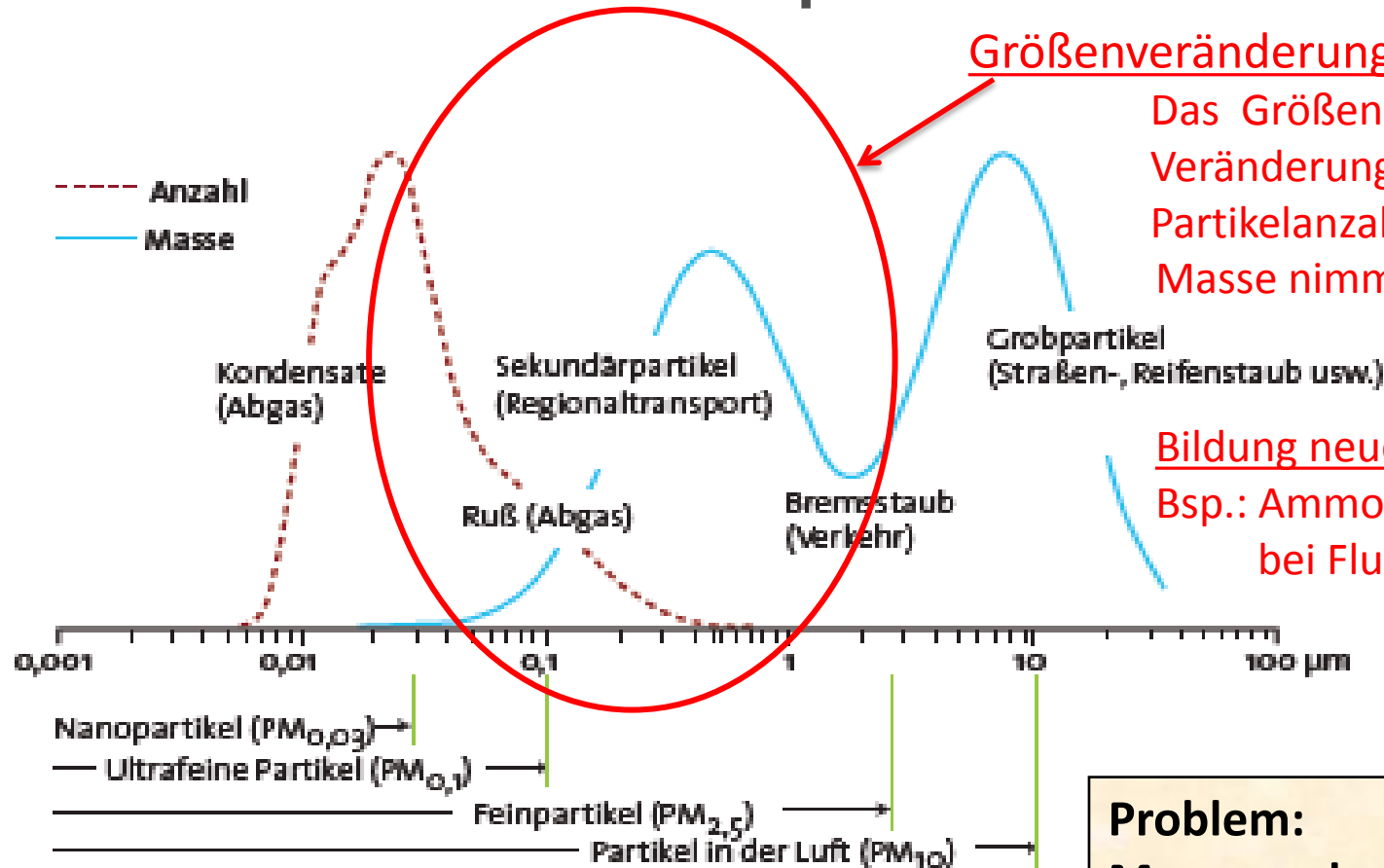
Wo kommen UFP her?

-> Größenspektrum der Partikel



Wo kommen UFP her?

-> Sekundärpartikel



Größenveränderung der Partikel nach der Emission:

Das Größenspektrum der UFP ist in ständiger Veränderung, Partikelanzahl nimmt ab, Masse nimmt zu ("klassischer Feinstaub")

Bildung neuer Verbindungen

Bsp.: Ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ bei Flugzeugemissionen

Problem:

Messung der UFP-Emission \neq der Anzahl und chemischer Zusammensetzung am Immissionsort

Konzentrationswerte ?

Beispiele aus Messkampagnen

Ort	Stations-typ	Messbereich (nm)	Mittel (1/cm ³)	Median (1/cm ³)	Max. 1h-Wert (1/cm ³)	Mittelungszeitraum
© HLNUG, Zeile 1 bis 6						
Raunheim	urb. HG	3 – 1000	16.100	12.300	142.000	09.15- 03.16 ¹
Langen	urb. HG	3 – 1000	12.200	10.500	67.000	2010 – 2013 ²
Berlin	urb. HG	4,5 – 1000	8.700	7.700	49.000	05.- 08.14 ³
Dresden	Verkehr	5 – 800	14.923			2010 – 2013 ⁴
Leipzig	Verkehr	5 – 800	16.321			2010 – 2013 ⁴
Melpitz	ländl. HG	5 – 800	5.651			2010 – 2013 ⁴
BER/FBB	Verkehr	5 – 1000	17.500			10/16 – 03/17
Spreewald	ländl. HG	5 - 1000	4.300			01- 06 2019
Cottbus	urb. HG	5 - 1000	5.200			01 - 06 2019

Vergleichswerte:

Reinstluft in den Hochalpen:

1.000

Zigarettenqualm:

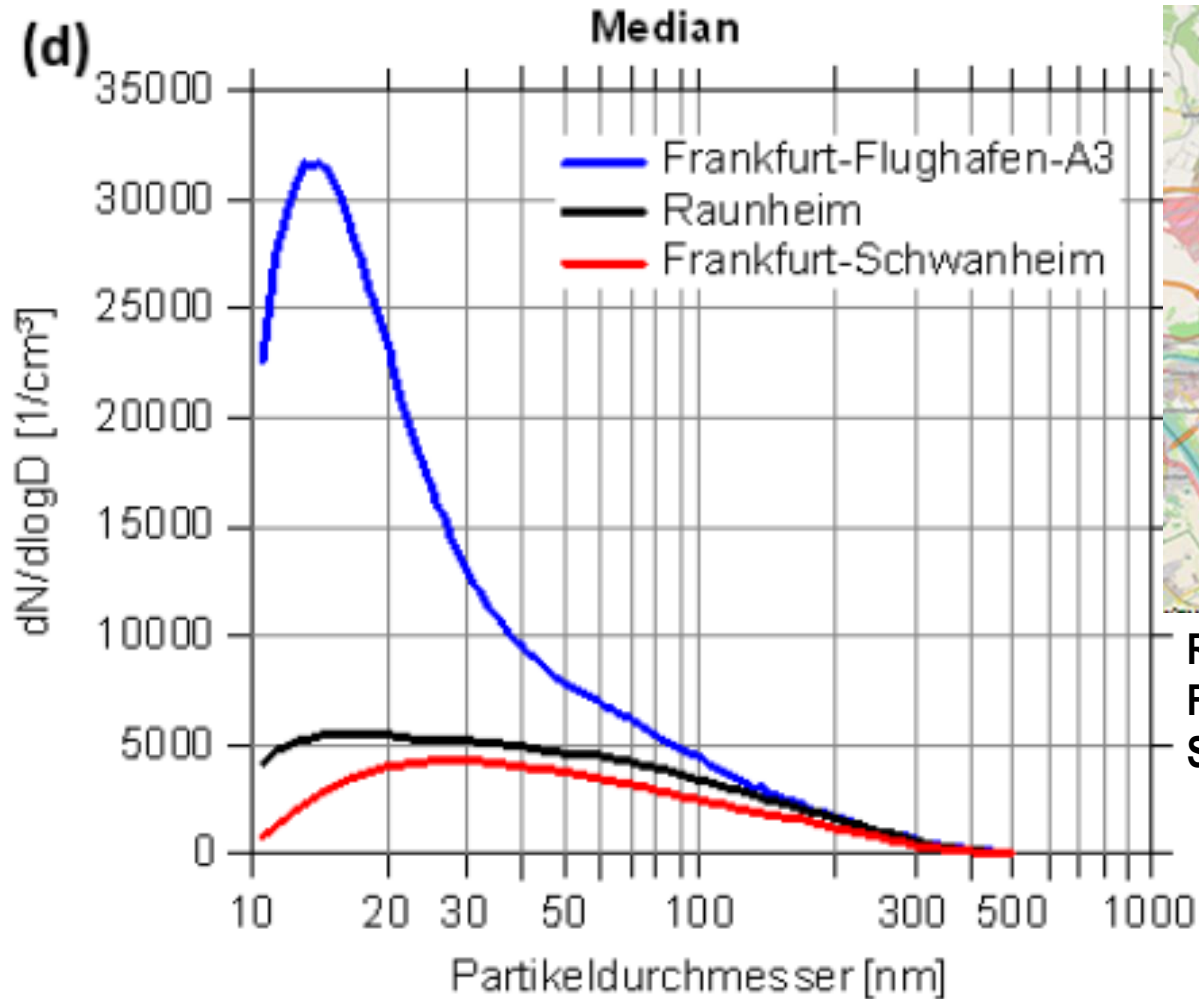
50.000

Arbeitsplatzkonzentrationen:

bis 1.000.000 (Innenräume)

Konzentrationswerte ?

Beispiele aus Messkampagnen



Raunheim: seit 09/2017
Flughafen A3: 08/2018-02/2019
Schwanheim: seit 10/2017

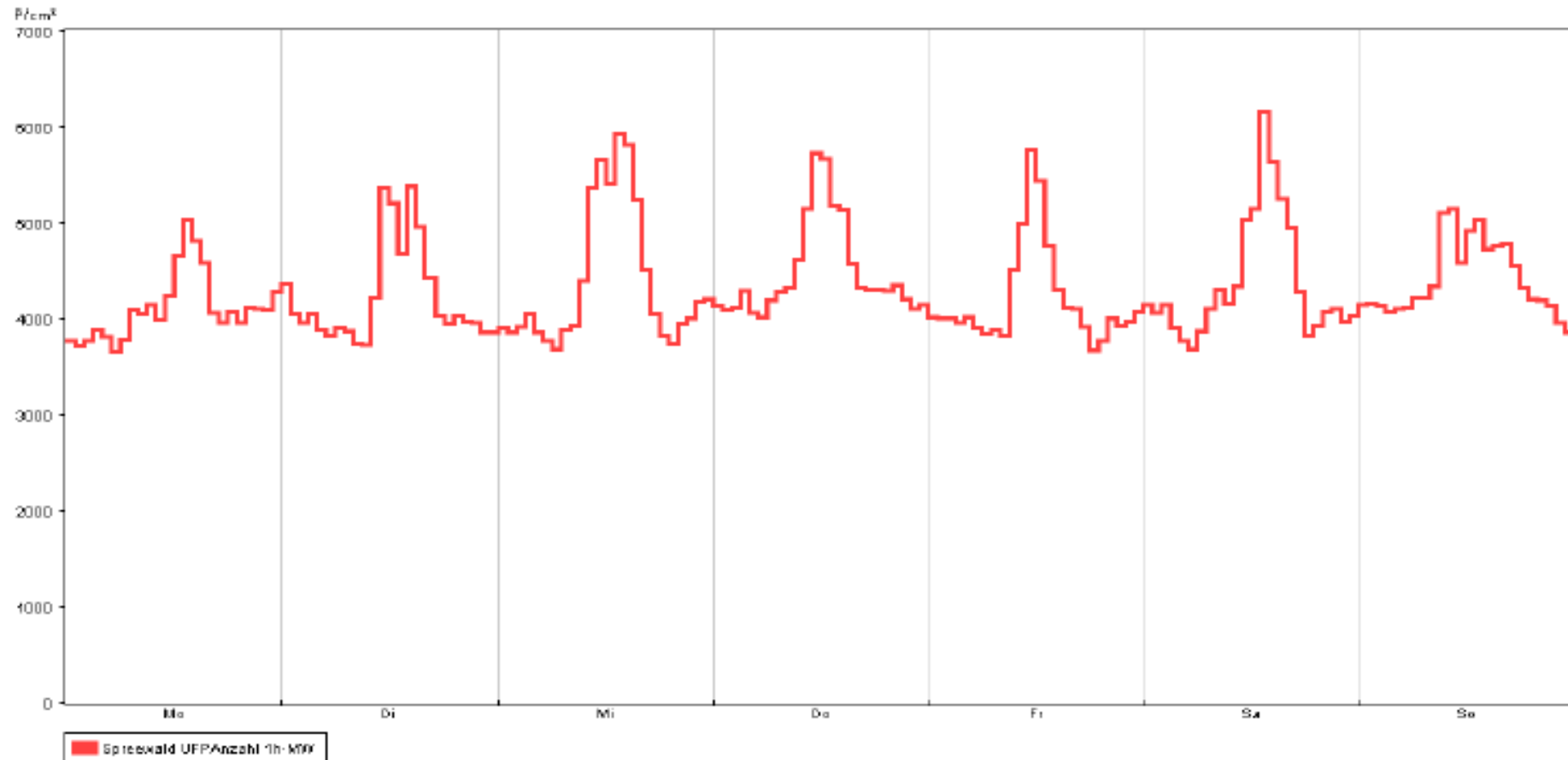
© 2. Zwischenbericht zur Untersuchung der regionalen Luftqualität auf ultrafeine Partikel im Bereich des **Flughafens Frankfurt**, HLNUG, 20.08.2019

Konzentrationswerte ? Mittlerer Wochengang

Messstelle Spreewald

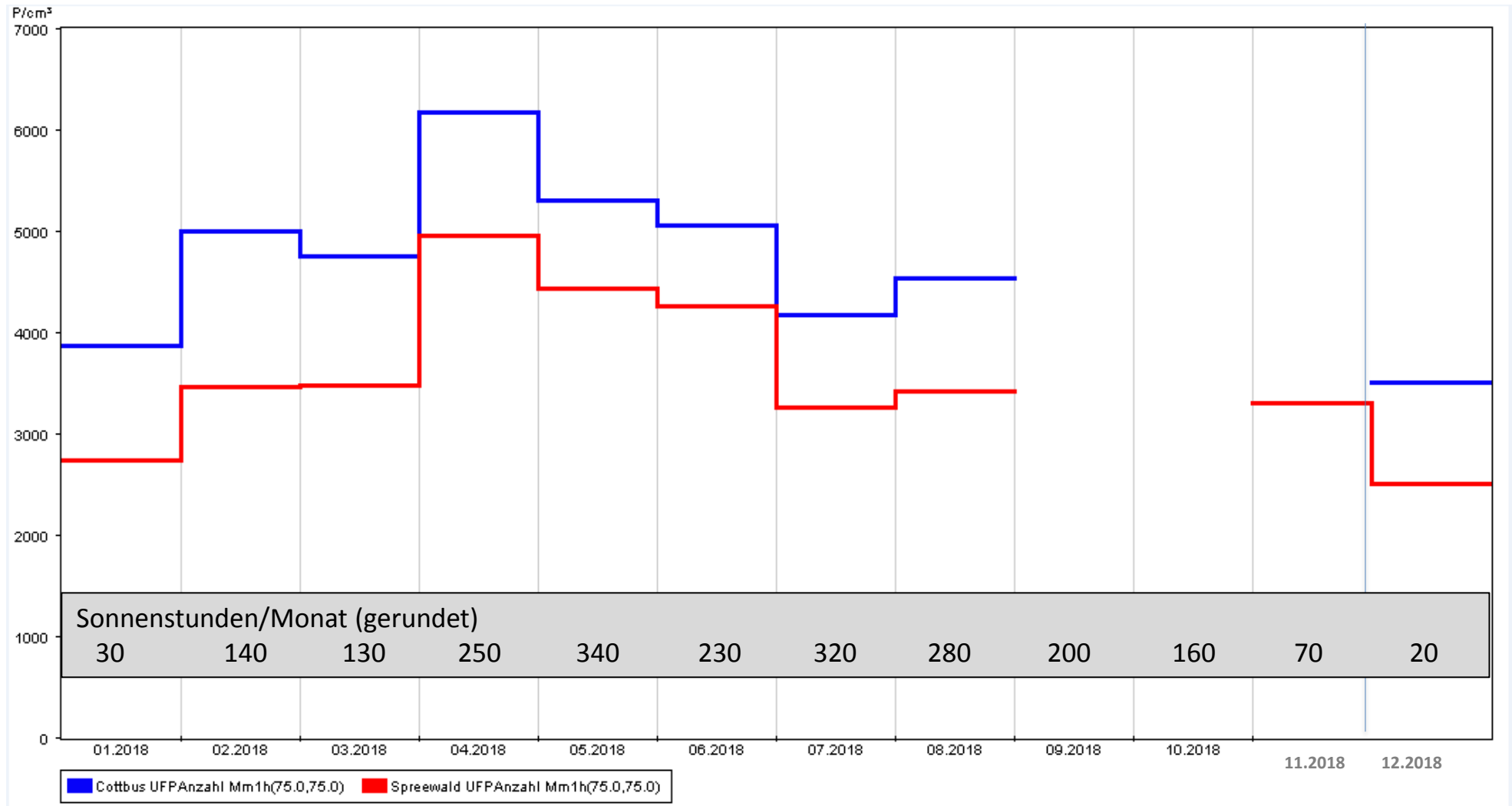
Anzahl UFP

01.01.2019 – 17.09.2019, mittlerer Wochengang, Mittelwert über Messzeitraum: 4317 P/cm³



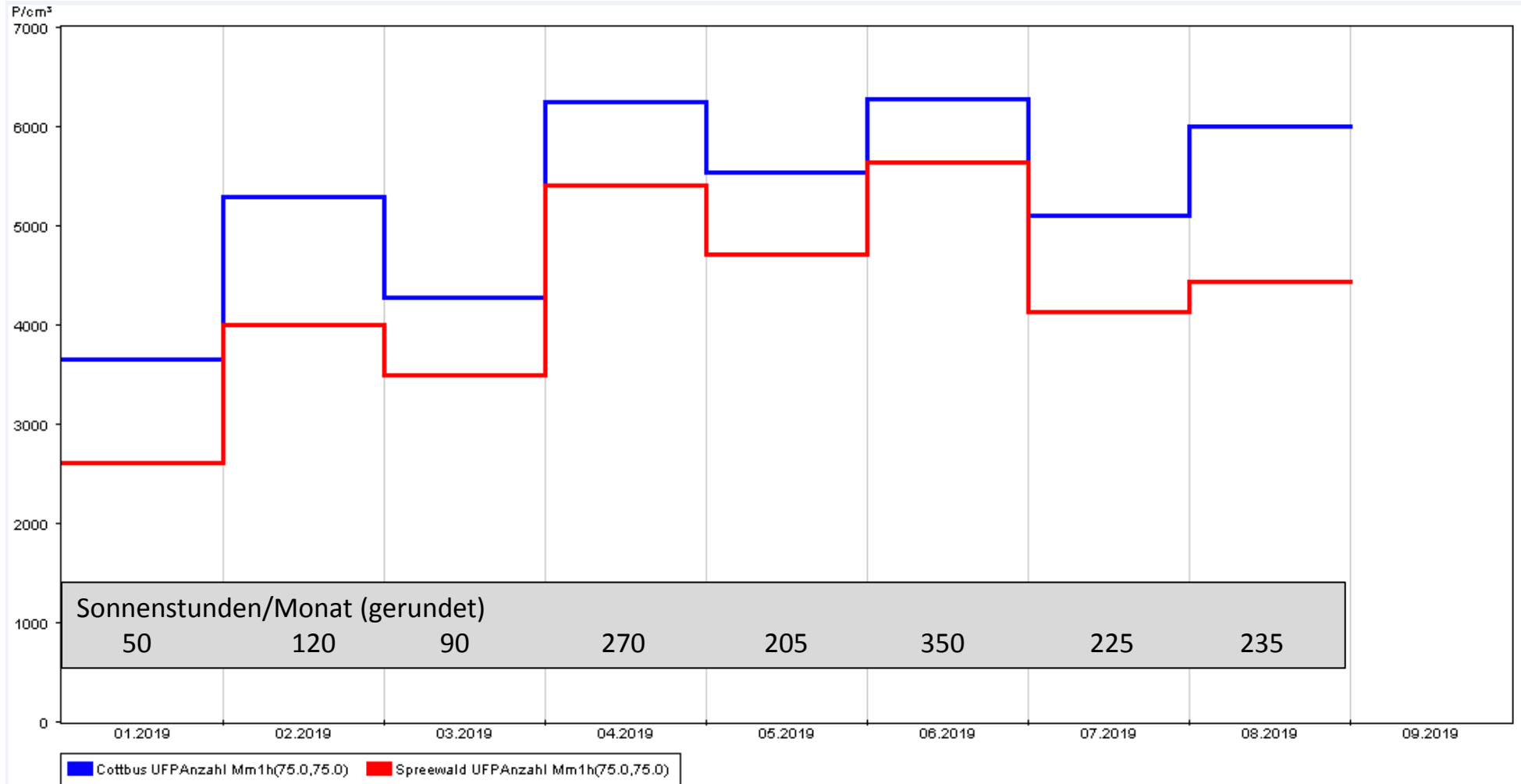
Konzentrationswerte ?

Mittlerer Jahresgang 2018 BB



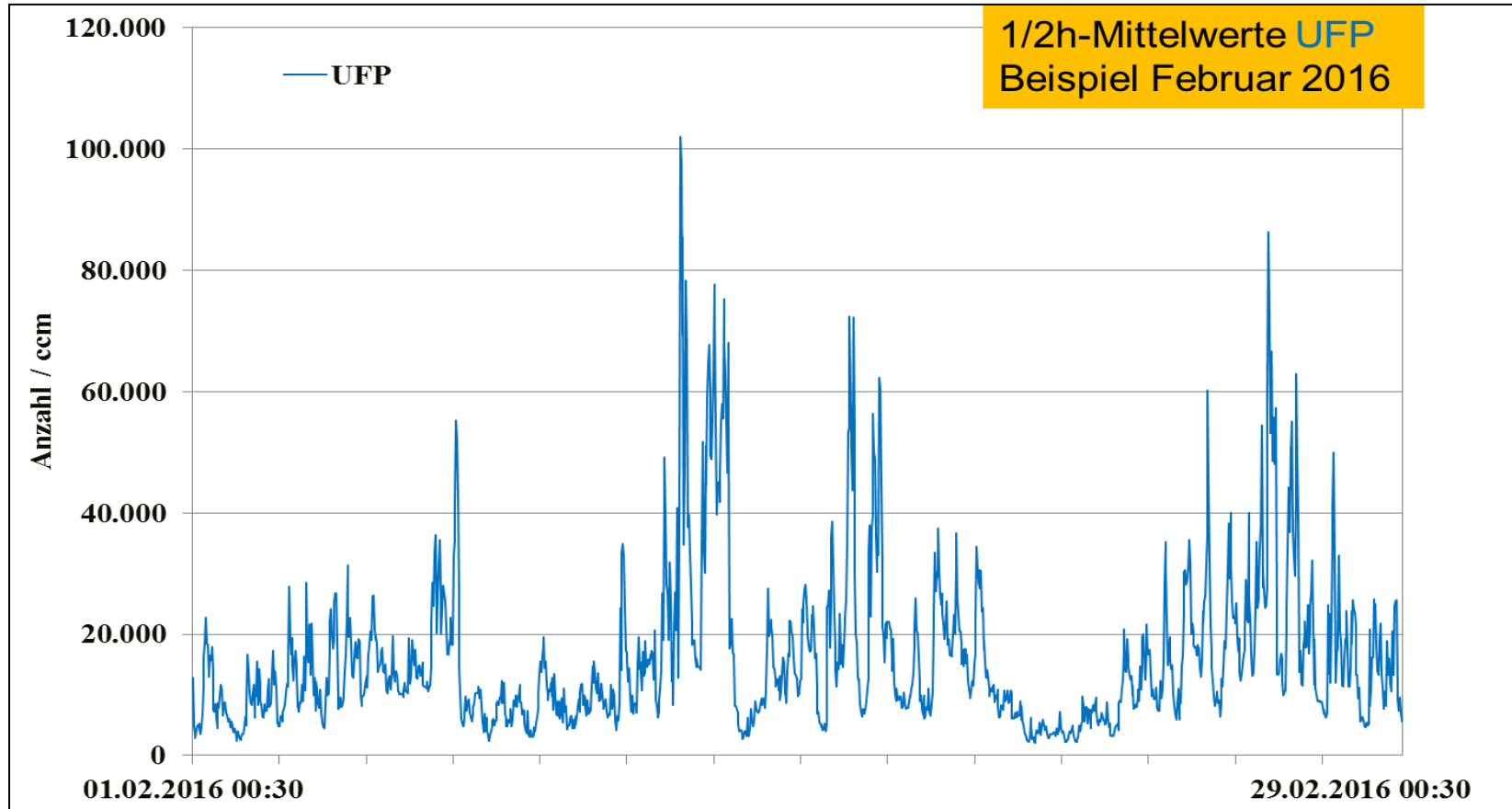
Konzentrationswerte ?

Mittlerer Jahresgang 2019 BB



Konzentrationswerte ?

UFP- 1/2-h-Werte



Raunheim, UFP-1/2h-Werte, Messzeitraum 01.02.16 – 29.02.16, © HLNUG

Gesundheitsrisiken ?

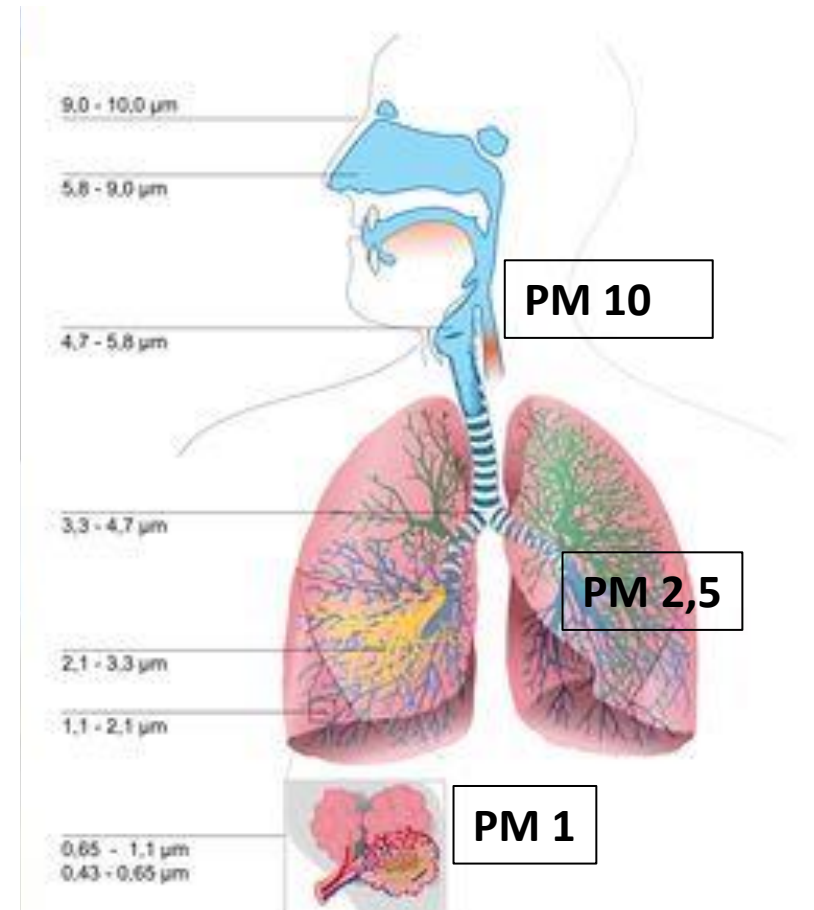
Mangel an Langzeitstudien

Erforderliche Kenntnisse über:

1. UFP-Konzentration in der Luft (Mittelwerte, Extreme)
2. Aufnahmeweg: Inhalation und wie weiter im Körper?
3. **Dosis = Konzentration x Zeit**
4. Welche phys.-chem. Prozesse im Körper (Abbau/Ausscheidung vs. entzündliche Reaktionen)

Hinweise auf:

- Asthmatische Erkrankungen
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen bis zum Infarkt
- Ateminsuffizienz
- chronisch-obstruktive Bronchitis
- Krebs ?



UFP ... Überwindung der Organschranken

Gesundheitsrisiken ?

Mangel an Langzeitstudien

Landtag BB, P-ALUL 6/25, TOP 2 (01.04.2017):

Frau Wichmann-Fiebig (Umweltbundesamt) führt zur EU-Strategie aus, dass es aktuell noch keine konkrete Empfehlung hinsichtlich der einzuhaltenden Ultrafeinstaubkonzentration oder der Anzahl der Partikel von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gebe. Dies sei in der Regel der erste Schritt. Erst wenn die WHO signalisiere, dass ein Stoff besorgniserregend sei und hierfür einen Wert empfehle, beginne auf EU-Ebene die Diskussion über die Festlegung eines Grenzwertes oder eines Zielwertes. Die WHO sei jedoch noch zurückhaltend und diskutiere das Thema in internen Zirkeln und Expertengremien.

...

In Bezug auf Reihenuntersuchungen, Kohortenuntersuchungen müsse konstatiert werden, dass der Bund derartige Untersuchungen bisher nicht konzentriert in Auftrag gegeben habe. Es gebe aber eine Untersuchung in Nordrhein-Westfalen in drei Städten (Mülheim, Duisburg und Dortmund). Prof. Hoffmann aus Düsseldorf lägen bereits erste Ergebnisse vor; die Datenbasis wachse ständig, sodass in einigen Jahren mehr zu den gesundheitlichen Auswirkungen bekannt sein werde. Sie gehe davon aus, dass in ca. zwei Jahren eingeschätzt werden könne, ob es Veranlassung gebe, eine größer angelegte Kohorte einzubeziehen, um belastbare Daten zu erhalten.

Wie werden UFP gemessen ?

Reproduzierbare Partikelzählung

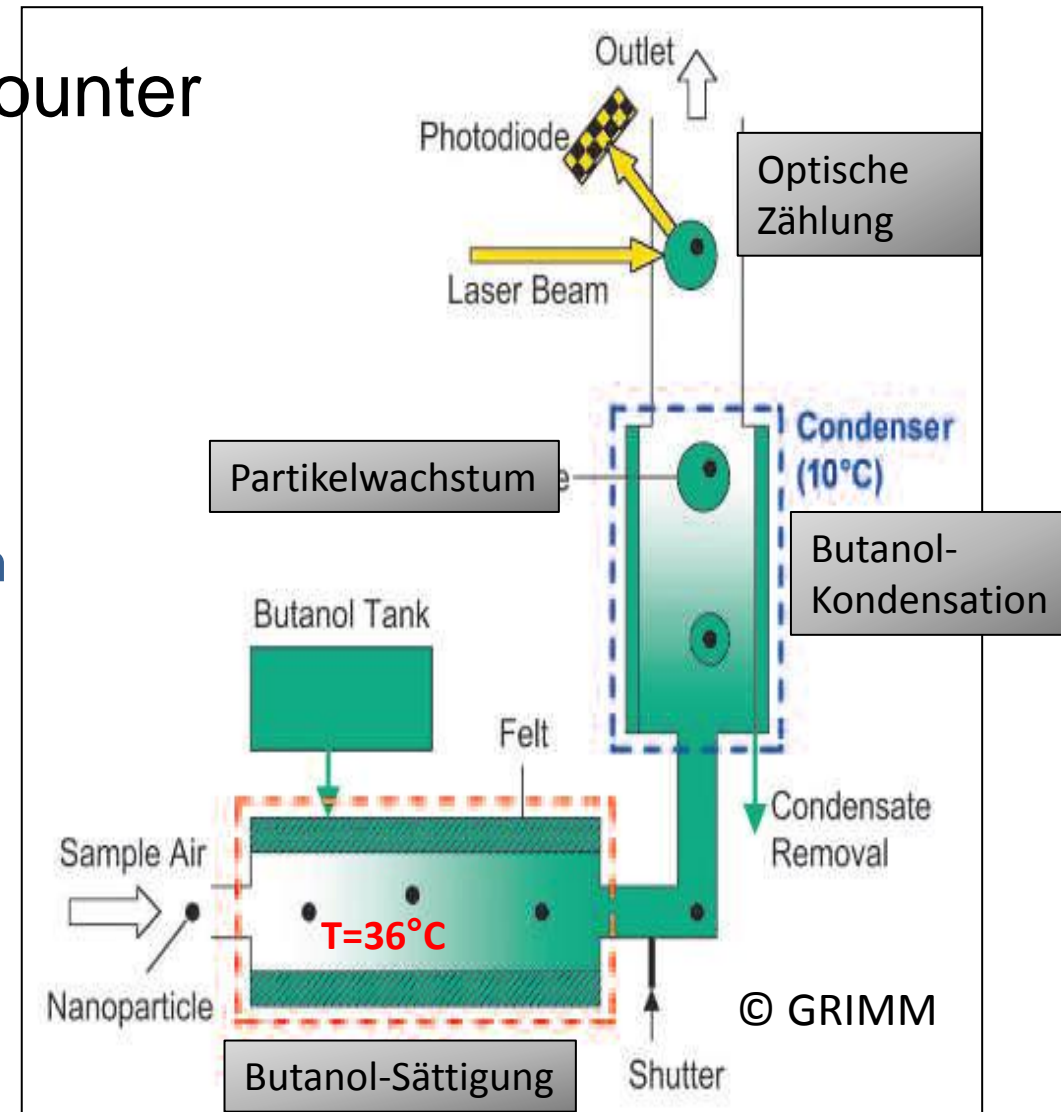
CPC ...Condensation Particle Counter

Technische Spezifikation CEN/TS 16976

(2016), entspricht der „Vor-Norm“ einer DIN

Bsp.: CPC der Fa. GRIMM Aerosol Technik

- Prinzip: Kondensationsbedingtes Wachstum von Partikeln bis zur optischen Erfassung
- Messbereich: 4nm bis 4µm
- Kosten: ca. 40.000€ je Gerät
- Betriebskosten: € 3.000 p.a. und Gerät
- System erweiterbar durch DMA



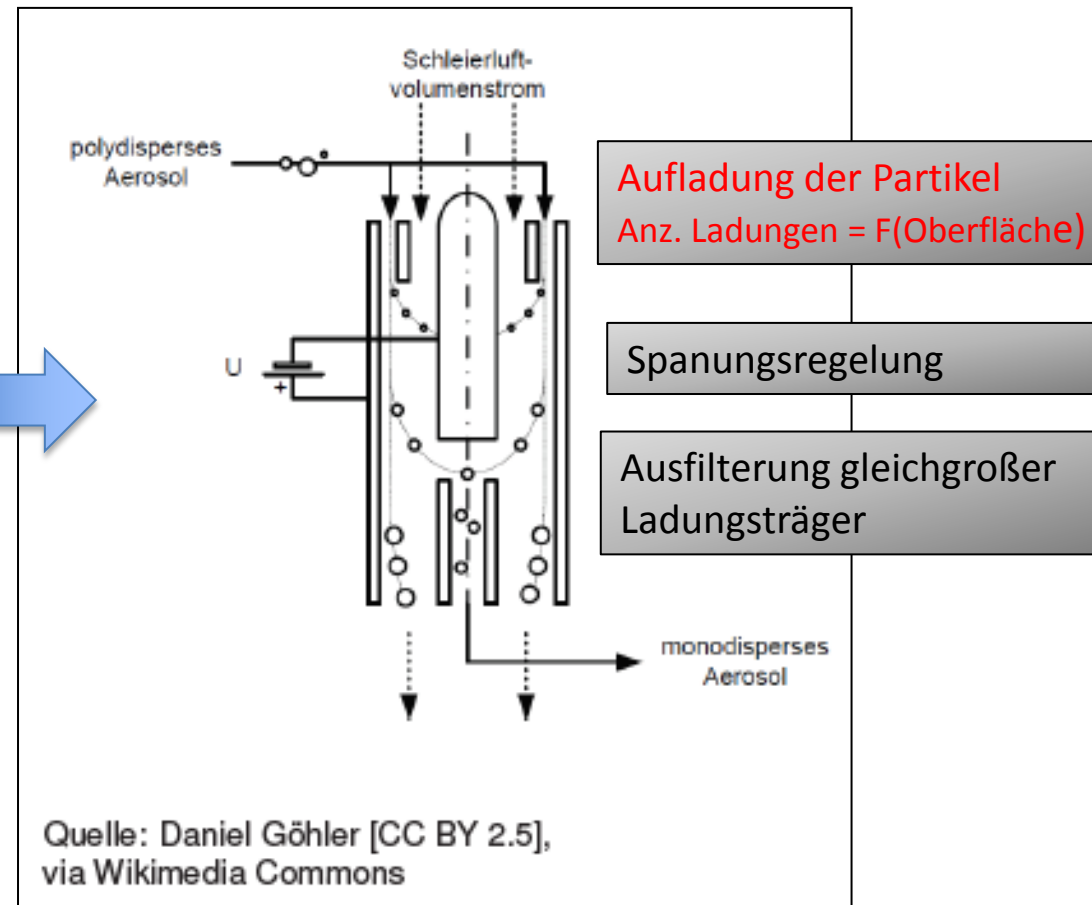
Wie werden UFP gemessen ?

Reproduzierbare Größenklassierung

DMA ... Differential Mobility Analyzer

Dafür noch keine techn. Spezifikation

- Prinzip: Differenzierung des Partikelstromes vor einer CPC-Einheit durch elektrische Mobilität in Abhängigkeit der Partikelgröße
- Bildung von Größenklassen (technisch sinnvoll ca. 16 Klassen log. geteilt im Bereich 7nm bis 1,5µm)
- Zeitl. Auflösung: 3 min



Wie werden UFP gemessen ?

UFP-Messung mittels Handgeräten ???

- Geräte ursprünglich zur (größenklassenbezogenen) Partikelzählung in Innenräumen und an Arbeitsplätzen
- Unterschiedliche Messbereiche und Messprinzipien
- Geeignet für qualitative Aussagen, viele oder wenige UFP
- **Problem: Messwerte oft von Luftfeuchte beeinflusst**
- Erzeugung reproduzierbarer Werte über längere Zeit schwierig
- Keine stabilen Korrelationen bei Vergleichsmessungen



Wie werden UFP gemessen ?

UFP-Messung mittels Handgeräten ???

Landtag BB, P-ALUL 6/25, TOP 2 (01.04.2017), Frau Wichmann-Fiebig (Umweltbundesamt) :

Da die Messungen insgesamt sehr aufwendig seien, kämen auch kleine Mini-Disc-Geräte zur Messung der Partikelzahlen zum Einsatz. Bezüglich dieser Geräte müsse darauf hingewiesen werden, dass mit ihnen lediglich eine Orientierung erzielt werden könne und dies auch nur, wenn das Gerät vor jeder Fahrt kalibriert werde. Es handele sich nämlich um relativ einfache Technik, weshalb die Messungen nur Orientierungsdaten liefern könnten, mit denen keine quantitative Aussage getroffen werden könne.

- Erzeugung reproduzierbarer Werte über längere Zeit schwierig
- Keine stabilen Korrelationen bei Vergleichsmessungen



© TSI

Flughäfen als UFP-Quelle -> Fachliteratur

UFP innerhalb und außerhalb von Flughäfen:

- **Los Angeles**, Hudda et al., Env. Science &Tech., Nr. 48, (2014)
„Emissions from an international airport increase Particle Number Concentration 4-fold at 10km Downwind”
- **Los Angeles**, Zhu et al., Atm. Env.,45, (2011)
„Aircraft emissions and local air quality impacts from takeoff activities at a large International Airport“
- **Santa Monica**, Hu et al., Env. Science &Tech., Nr. 43, (2009)
„Aircraft emission impacts in a neighbourhood adjacent to a general aviation airport in southern California”
- **Amsterdam**, Keuken et al., Atm. Env., Nr. 104, (2015)
„Total and size-resolved particle number and black carbon concentrations in urban areas near Schiphol airport”
- Bezemer et al., RIVM-Rapport 0110, Nederland, (2015)
„Nader verkennend onderzoek ultrafijnstof round **Schiphol**“
- The Danish Ecological Council (Hsg.), Juli 2012
„Luftverschmutzung an Flughäfen“ (stationäre Messungen am Flughafen **Kopenhagen**)
- Airports Council International Europe (ACI), Environmental Strategy Committe (2012)
„Ultrafine Particles at Airports“
- HLNUG, 20.08.2019
„2. Zwischenbericht zur Untersuchung der regionalen Luftqualität auf ultrafeine Partikel im Bereich des Flughafens Frankfurt“

Was macht Flughäfen prägnant -> dreidimensionale Quelle

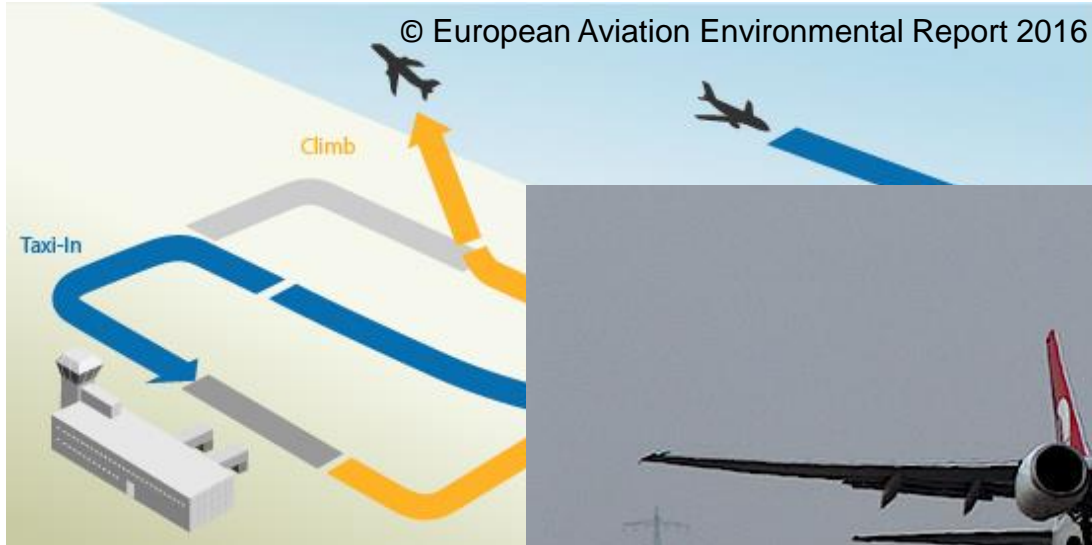


Nach LTO-Cycle (ein von der ICAO entwickeltes standardisiertes Verfahren zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen für die Zertifizierung von Flugzeugen)

Mode	Thrust	Time
Take-off	100%	0.7 min
Climb	85%	2.2 min
Approach	30%	4.0 min
Taxi	7%	26 min

- Flughäfen sind räumlich und zeitlich variable Quellen mit einer Vielzahl von Prozessen die zu Emissionen führen
- Triebwerksemission u. a. abhängig von Schub, Turbinenfabrikat, Umgebungsbedingungen
- Startvorgänge führen zu höchsten Emissionen
- außerdem Emissionen am Boden (APU, Abrieb, Flughafeninfrastruktur, Zubringerverkehr...)

Was macht Flughäfen prägnant -> auffällige Einzelereignisse



Emissionen von Flugzeugen
fallen dem Beobachter auf.

- Fluglärm
- Kondensstreifen

-> Es entsteht „Raum für Vermutungen“ auch über andere unsichtbare Gefahren

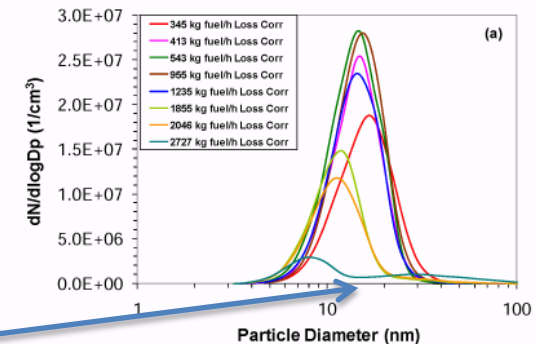


© Min. für Verkehr Baden-Württemberg

Was macht Flughäfen prägnant

-> Flugzeugemissionen

- Schadstoffspektrum ähnlich wie Kfz-Motoren
(NO_x, SO_x, PAK, VOC, CO, Ruß, H₂O), aber
- UFP-Emission aus Flugzeugtriebwerken sind im Vergleich zu KfZ-Motoren besonders kleine Partikel, **Hauptanteil bei 10 nm bis 30 nm**
- Nukleation, Kondensation und Koagulation
Bildung von UFP z.B. **Sulfat-Aerosole** sowie Veränderung des Spektrums
- **im direkten Flughafenumfeld ist eine erhöhte Anzahl UFP zu erwarten**
- Fragen: Wo?, Wie groß? und Wie viele ?**



Die EU-Grenzwerte bzw. Normen für Schwefel in Kraftstoffen variieren derzeit enorm.

PKW	Diesel / Benzin:	0,01 g/kg Kraftstoff
Bahn	Diesel:	0,01 g/kg Kraftstoff
Schiff	Binnenschifffahrt:	0,01 g/kg Kraftstoff
Flugzeug	Kerosin:	3,00 g/kg Kraftstoff

Was macht Flughäfen prägnant

-> Meteorologische Einflüsse

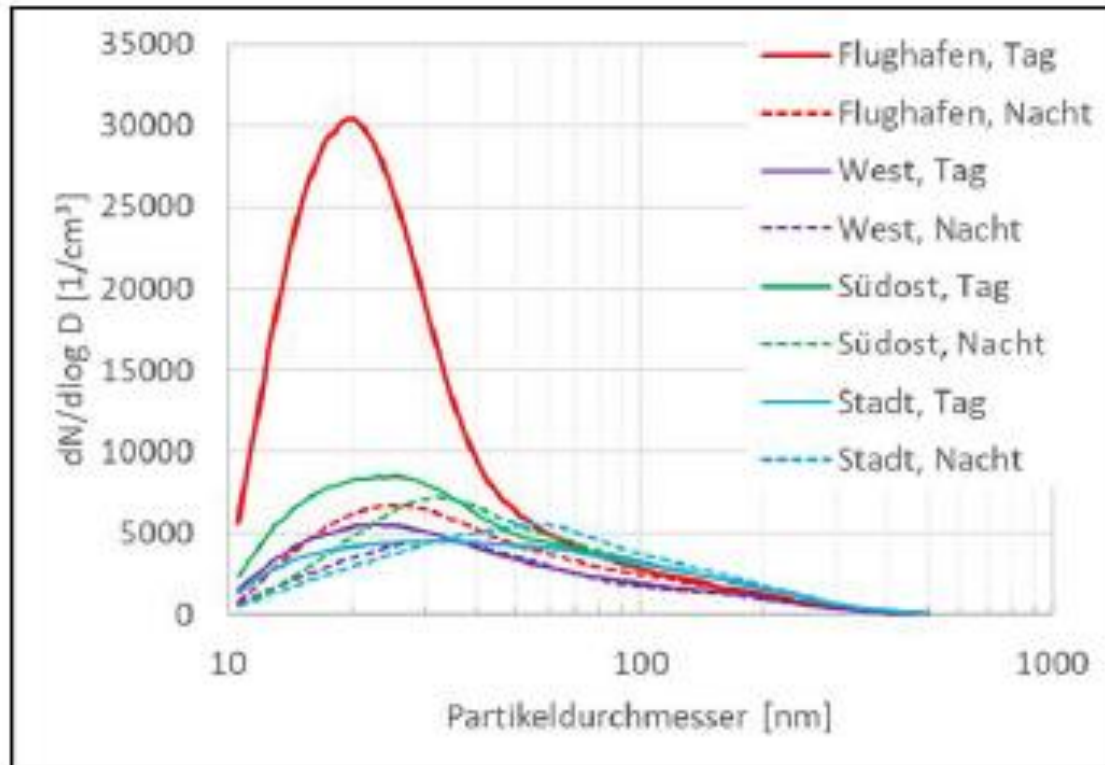
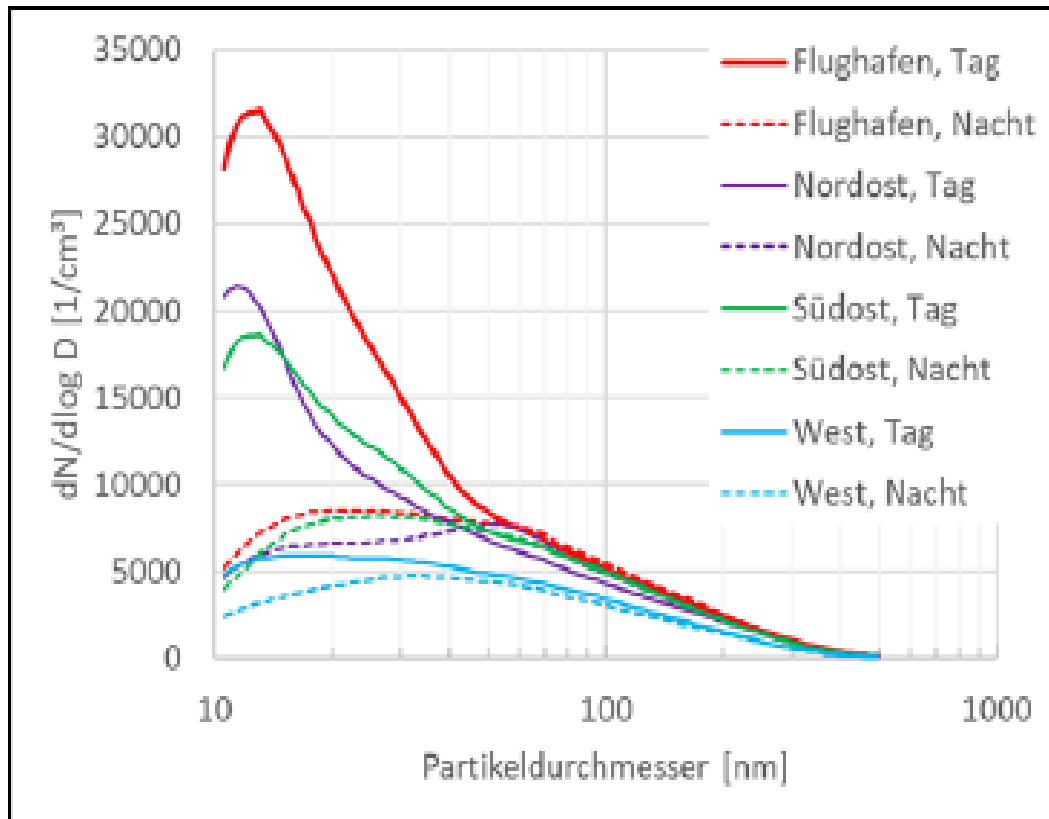


Abbildung 9. Mittlere Anzahlgrößenverteilung in Frankfurt-Schwanheim bei Wind aus verschiedenen Sektoren getrennt nach Tag (5 – 23 Uhr Ortszeit) und Nacht (23 – 5 Uhr Ortszeit).



© 2. Zwischenbericht zur Untersuchung der regionalen Luftqualität auf ultrafeine Partikel im Bereich des **Flughafens Frankfurt**, HLNUG, 20.08.2019

Was macht Flughäfen prägnant -> Meteorologische Einflüsse



© 2. Zwischenbericht zur
Untersuchung der regionalen
Luftqualität auf ultrafeine Partikel
im Bereich des **Flughafens
Frankfurt**, HLNUG, 20.08.2019

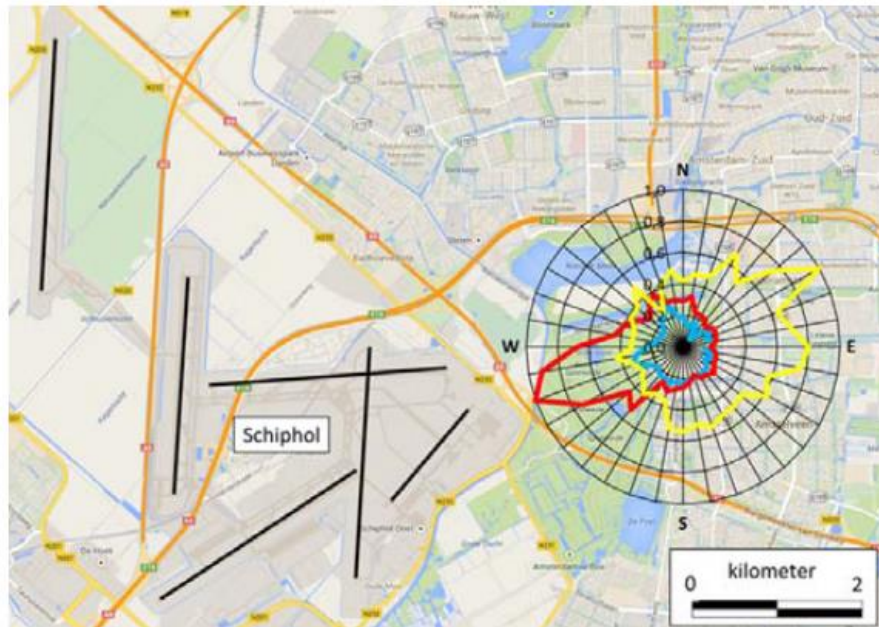
Abbildung 14. Mittlere Anzahlgrößenverteilung in Raunheim bei Wind aus verschiedenen Sektoren getrennt nach Tag (5 – 23 Uhr Ortszeit) und Nacht (23 – 5 Uhr Ortszeit).

Was macht Flughäfen prägnant

-> UFP-Konzentrationen i.d.Fläche

12.03. bis 19.05.2014, Messung PNC

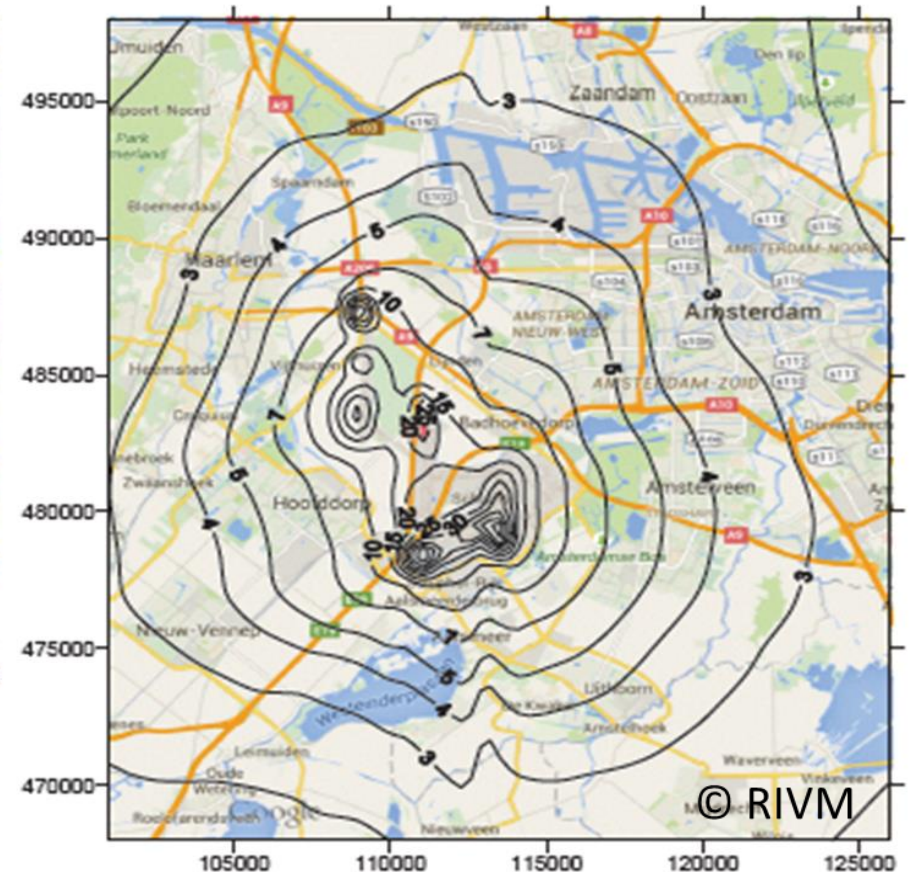
Ausbreitungsrechnung für Jahresmittelwert PNC



Figur 2: Genormalisierte uurgemittelte PNC und EC in het Amsterdamse Bos
 bij verschillende windrichtingen: voor EC in geel voor alle uren (n = 1.486) en
 voor PNC in blauw voor nachtelijke uren (n = 460) en in rood voor dagelijkse
 uren (n = 1.112).

Rot: PNC Tags, Blau: PNC Nachts, Gelb: EC alle Stunden

Schiphol



Figur 12. Jaargemiddelde ultrafijnstof-concentraties (1.000-tallen) bijdrage van
 vliegtuigen bij 440.000 vliegbewegingen per jaar.

Was wird das LfU tun ?

-> Ausgangslage: LQ-Messstellen

Land Brandenburg
 Messstationen zur Überwachung der Luftqualität
 Stand: 1. März 2019



– 24 Messstationen +1

- 3 ländlicher Hintergrund
- 14 städtischer/vorstädtischer Hintergrund
- 7 verkehrsnah
- +1 temporäre Sondermessstelle

– Gemessen wird

- Feinstaub (kontinuierlich und gravimetrisch)
- Feinstaub-Inhaltsstoffe:
Ruß, PAK [B(a)P], Schwermetalle, Ionen
- Stickoxide, Ozon, SO₂, CO
- Benzol, Toluol, Xylol
- 16 Staubbiederschlag

Was wird das LfU tun ?

-> UFP-Messungen im LQM-Netz

- > IV/2017 Beschaffung von 2 Geräten vom Typ CPC 5420 der Firma GRIMM AerosolTechnik GmbH (CPC 5 nm-1000 nm)
- > 2018: **Konzeptions- und Testphase, Kalibrierung, Personal, Dienstabläufe**
- > I bis IV/2018 Testmessungen mit CPC
an einer Messstelle im Netz (als dauerhafte Referenz) + temporäre Messungen an Vergleichsstandorten (Cottbus), Notwendigkeit für 3. CPC wegen Gerätewartungen
- > I/2019 **Routinemäßige Messungen MSt Spreewald (+ Tests in Cottbus)**
- > Einbeziehung externer Experten (seit I/2019) zur weiteren Planung
Messkonzeption: techn. Fragen der Messtechnik, Größenklassierung, Repräsentative Standorte, wissenschaftliche Auswertungsstrategie; QS usw. **Vorlage 2021**
- > Fachliche Zusammenarbeit (UBA, LÄ anderer BL, Umweltabt. FBB)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!