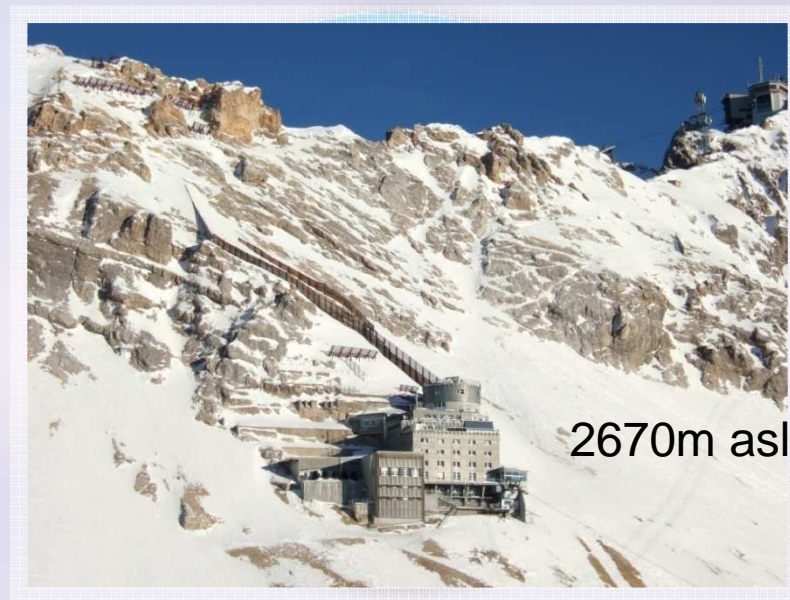


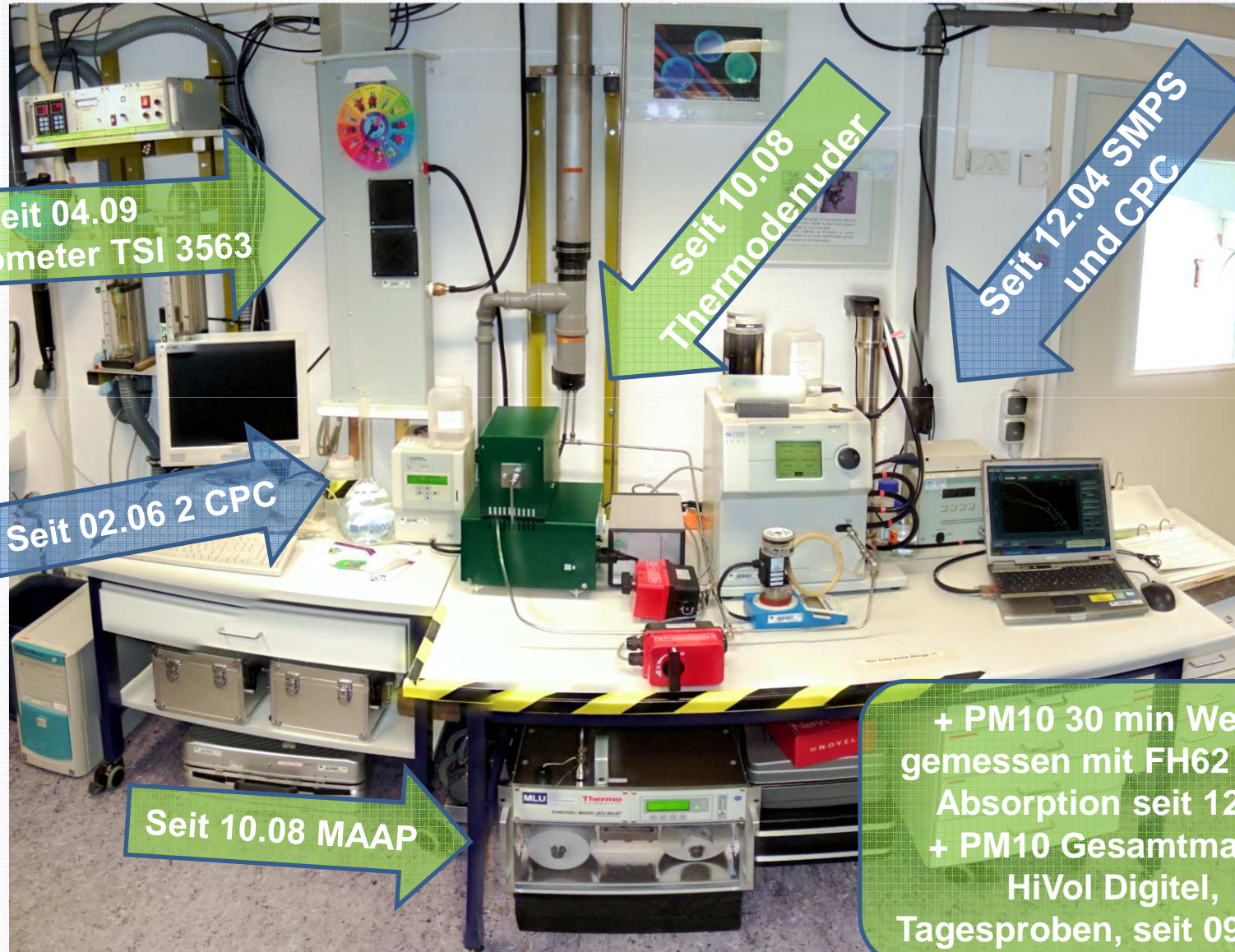
# Messungen von Fein- und Ultrafeinstaub und nordhemisphärischer Hintergrund an der GAW Plattform Zugspitze/Schneefernerhaus



Dr. Ludwig Ries, Umweltbundesamt -D  
FG II 4.4, Experimentelle  
Untersuchungen zur Luftgüte



# Messprogramm Fein- und Ultrafeinstaub an der Plattform Zugspitze/Schneefernerhaus des UBA-D



Seit 04.09  
Nephelometer TSI 3563

seit 10.08  
Thermometer

Seit 12.04 SMPS  
und CPC

Seit 02.06 2 CPC

Seit 10.08 MAAP

+ PM10 30 min Werte,  
gemessen mit FH62 IR,  $\beta$ -  
Absorption seit 12.07  
+ PM10 Gesamtmasse  
HiVol Digital,  
Tagesproben, seit 09.2008

# **Ermittlung des nordhemisphärischen Hintergrunds an der Global Atmosphere Watch Station Zugspitze unter besonderer Berücksichtigung des Ferntransportes von Feinstäuben**

**UFOPLAN Projekt 204 42 202/01  
Laufzeit: November 2004 bis April 2008**

**Dr. Wolfram Birmili, Korinna König, André Sonntag,  
Institut für Troposphärenforschung e.V., Leipzig  
Dr. Ludwig Ries, GAW Globalstation  
Zugspitze/Hohenpeissenberg,  
Umweltbundesamt II 4.4**



# Projektziele

- **Informationen über den Standort** hinsichtlich der räumlichen Repräsentativität und der Aerosolbelastung.
- **Aerosolklimatologie.**
- **„Total footprint“** der Station Zugspitze/Schneefernerhaus.
- **Zeitdeckende Erfassung des Ferntransportes**, Kooperation mit A. Stohl, Nilu, Programm FLEXPART (Dez 04 bis Mai 07).
- **Flächenbezogene Darstellung zur Häufigkeit der geografischen Herkunft der Größenfraktionen feiner und ultrafeiner Aerosole.**



# Wesentliche Fragen

- a) Woher stammen die Partikelbelastungen?
- b) Welche Quellregion liefert welchen raum-zeitlichen Beitrag?
- c) Wie relevant sind interkontinentale Ferntransporte aus Nordamerika, Asien, Afrika?
- d) Wie koppelt sich der Beitrag der Feinstäube mit den im GAW-Programm gemessenen chemisch reaktiven und klimawirksamen Gasen?
- e) Welche Aussagen sind insbesondere für Nanopartikel (< 100 nm) möglich?
- f) Gibt es Hinweise auf die chemische Zusammensetzung gemessener Partikelgrößenverteilungen?

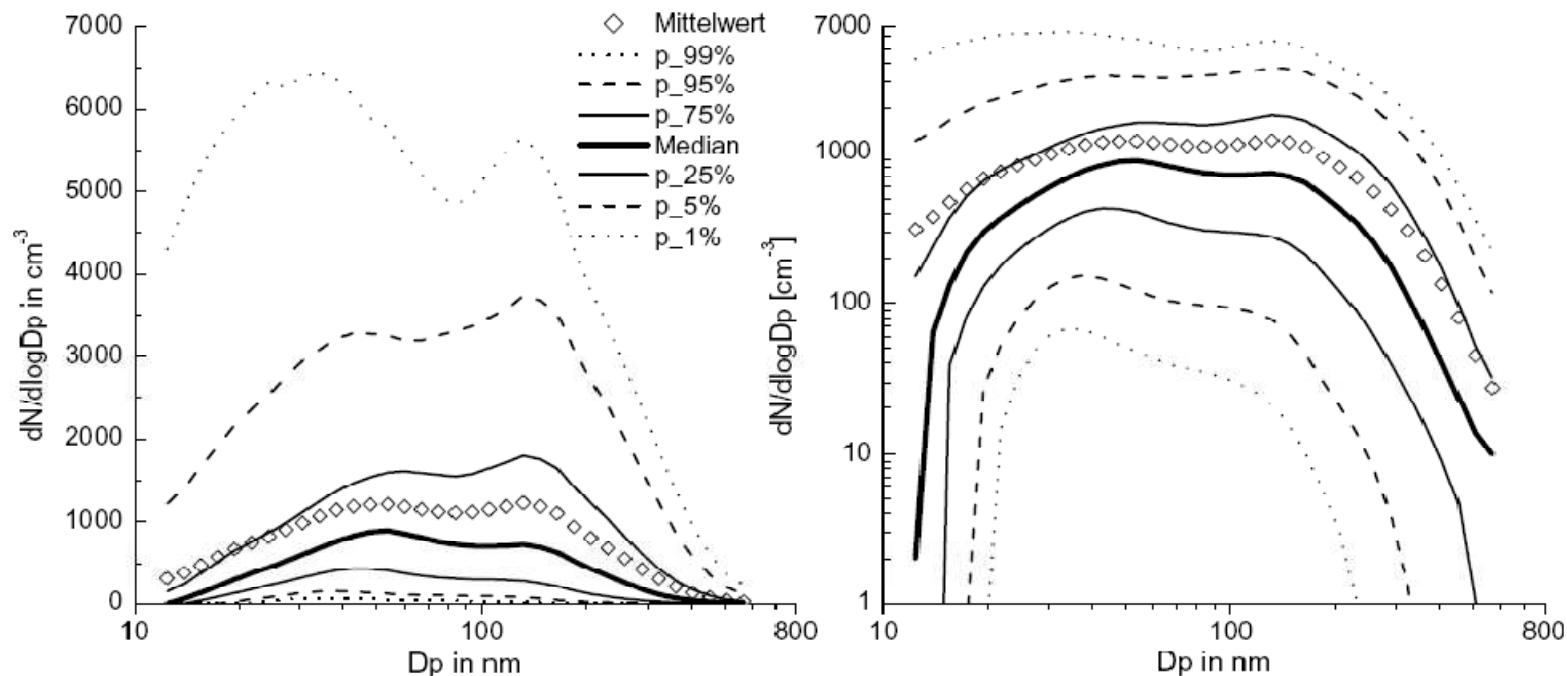
# Der Datensatz, Messungen von Dezember 2004 bis März 2007

- **Standort Zugspitze Schneefernerhaus:**
- kontinuierliche Aerosolmessungen (Partikelgrößenverteilungen 10-800nm, Datenverfügbarkeit >90%, Totalausfall des CPC Lasers im Herbst 06)
- kontinuierliche Messungen reaktiver Spurengase (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>y</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PAN)
- Synopdaten (DWD);
- Radionuklidmessungen (DWD).
- **Zugspitzgipfel:** meteorologische Lokalmessungen (DWD).
- **Weitere Stationen in akzeptabler Entfernung:** Aerologische Beobachtungen (Radiosondenaufstiege), z.B. Oberschleißheim und Innsbruck



# Perzentile der Anzahlkonzentrationen nach Mobilitätsdurchmesser

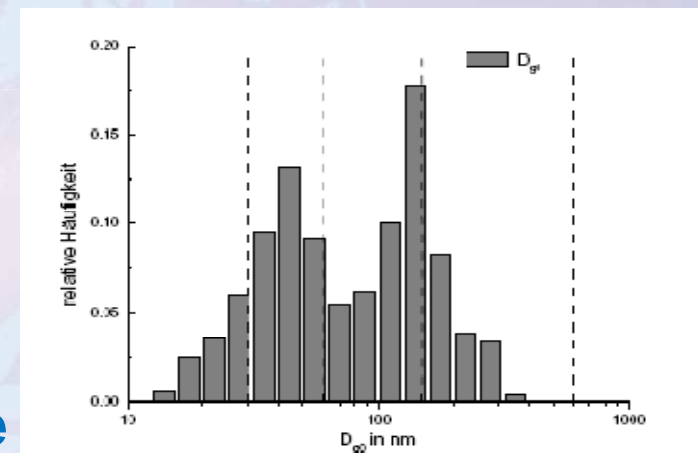
- **Von Dez 04 bis Mar 07 am Standort Schneefernerhaus**  
Bimodale Größenverteilung der gemessenen Anzahlkonzentrationen, rel. Minimum bei 80nm, mit voneinander unabhängigen Änderungen der Konzentrationen.



**Abb. 5.1: Statistische Parameter der atmosphärischen Partikelgrößenverteilung an der UFS Schneefernerhaus. Gezeigt sind die Mittelwerte bzw. Perzentile der Messungen 12/2004-3/2007 auf Basis von Halbstundenmitteln. In der linken Darstellung ist die Ordinate linear, in der rechten Darstellung logarithmisch aufgetragen.**

# Kriterien zur optimalen Klassifikation gemessener Größenverteilungen der Partikelanzahlkonzentration

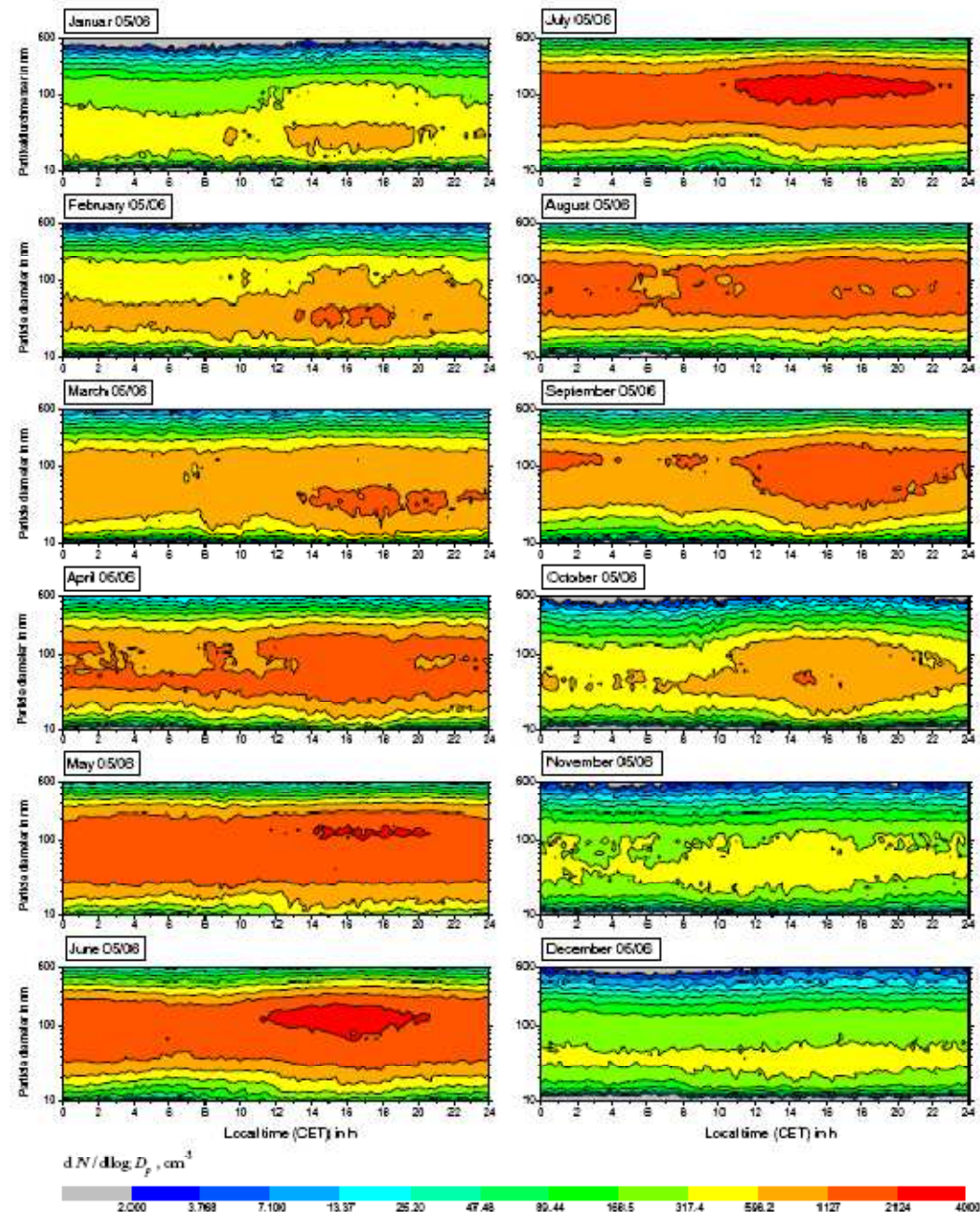
- Aus 200 zufällig ausgewählten Größenverteilungen wurde eine Häufigkeitsverteilung der Teilchendurchmesser gebildet.
- Sie bestätigt die beiden Maxima im Aitkenbereich (30-60 nm) und Akkumulationsmodebereich (> 150 nm). Aus diesem Ergebnis wurden zur optimalen Klassifizierung folgende Partikelgrößenintervalle zur Vereinfachung der Daten gewählt:
  - **10-30 nm: Nukleationsmode (frisch erzeugte Partikel)**
  - **30-60 nm: Junger Aitkenmode (gealterte Nukleationsmodepartikel)**
  - **60-150 nm: Aitkenmode**
  - **150-600 nm: Akkumulationsmode**
- Im Akkumulationsmode wurden die Intervallgrenzen tendenziell nach rechts verschoben. Damit korreliert das Intervall [150;600 nm] ausschließlich mit Akkumulationsmodepartikeln. So wird eine Interferenz mit dem unmittelbar unterhalb anschließenden Aitkenmode vermieden.



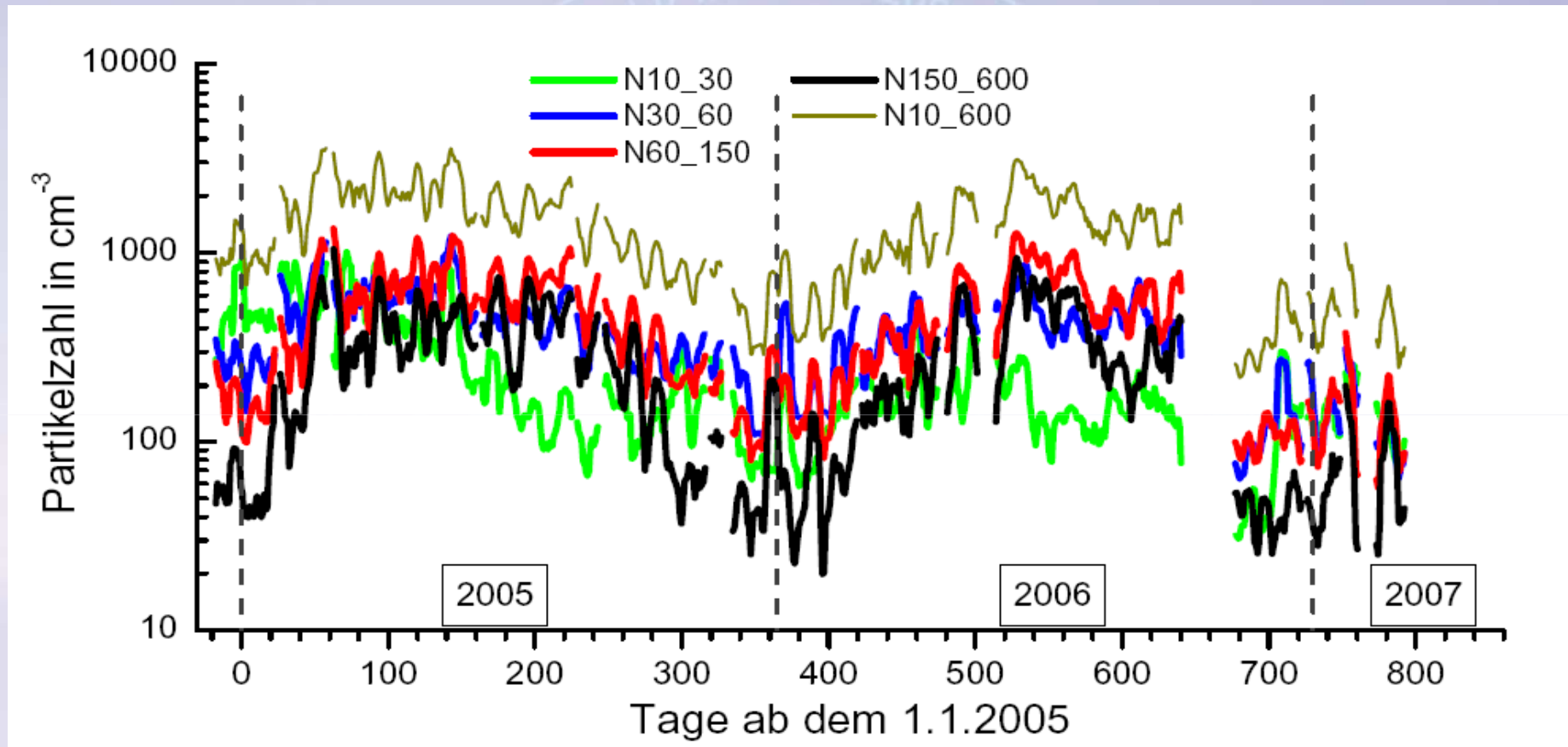


# Graduelle Änderungen im Jahresgang, Aerosol- Klimatologie

- Monatsweise  
gemittelter  
Tagesgang  
(01/05-12/06)



# Größenfraktionen im Jahresverlauf



**Partikelanzahlkonzentration am Standort Schneefernerhaus, Zugspitze**

Gleitende Mittelwerte auf Wochenbasis

Zeitraum 12/2004 bis 03/2007

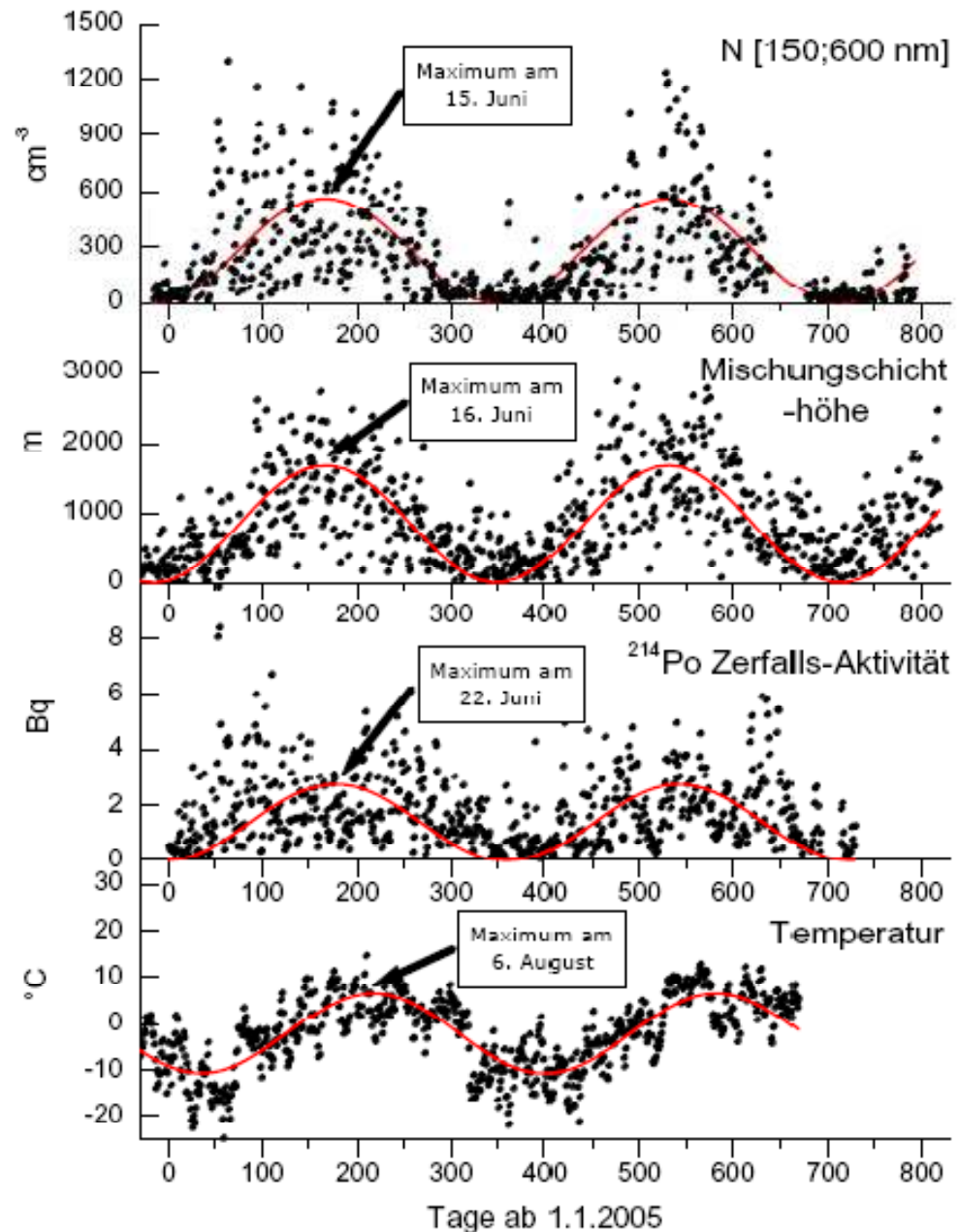
# Konvektiver Transport im Jahresverlauf

- 2 jährige Zeitreihen der Anzahlkonzentration von Akkumulationsmodepartikeln (150-600 nm), der Mischungsschichthöhe (13:00 MEZ) im Voralpenland und der Zerfallsaktivität von  $^{214}\text{Po}$  und der Lufttemperatur.

Außer bei der Mischungsschichthöhe sind Tagesmittelwerte dargestellt.

**Sinuskurven (rot) wurden zur Bestimmung der jährlichen Phasenlage approximiert.**

- Enge Kopplung der Partikelzahl an die atmosphärische Konvektion und an die Dauer der Einstrahlung!
- Optimierte Einteilung des Datensatzes in die vier Jahreszeiten:
  - Winter: 1.11.-31.1.
  - Frühjahr: 1.2.-30.4.
  - Sommer: 1.5.-31.7.
  - Herbst: 1.8.-31.10.



# Kriterien für Luft der freien Troposphäre und Luft aus der Grenzschicht

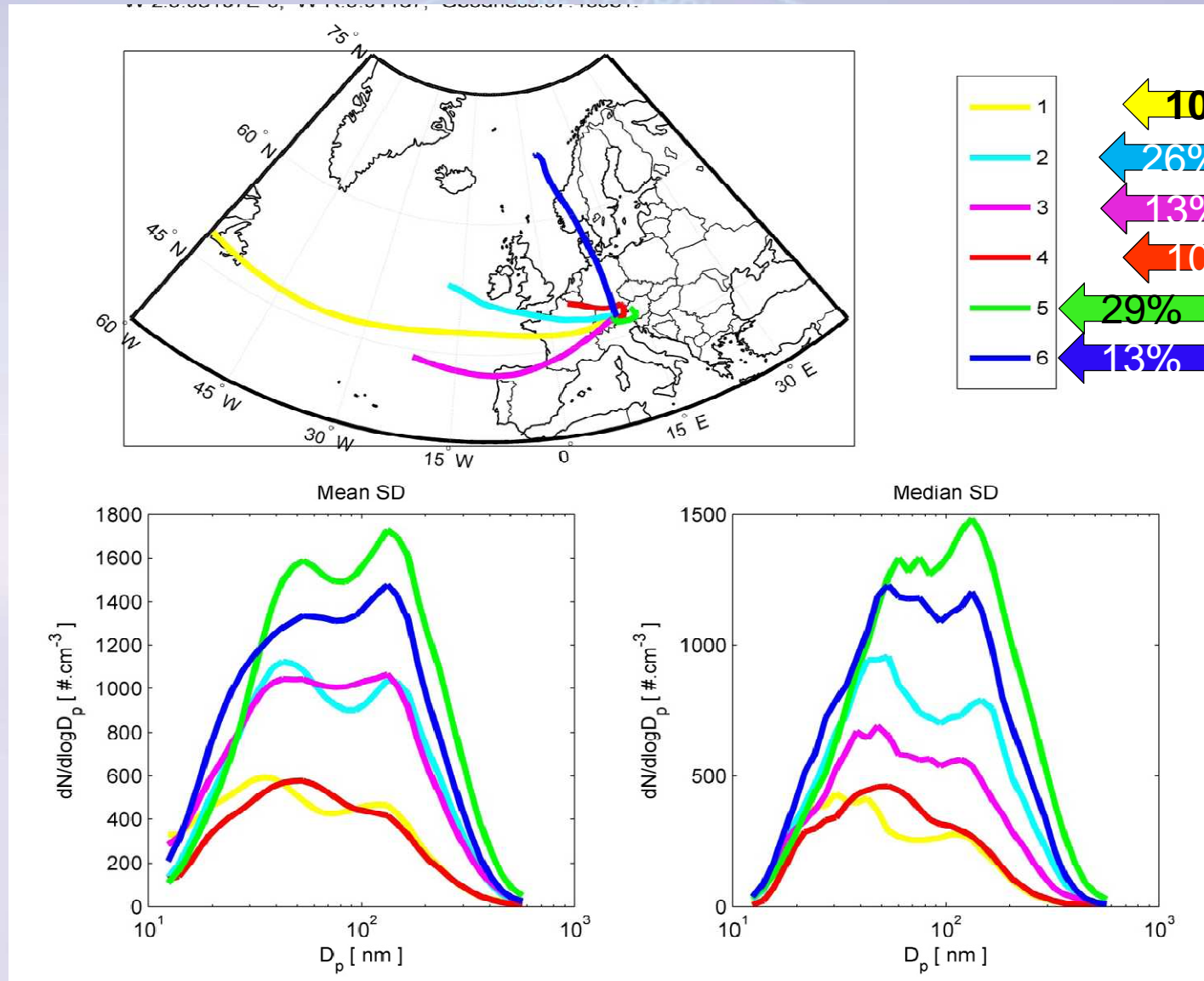
- Mit der statistischen Analyse der Messergebnisse wurden Kriterien für Zeiträume entwickelt, an denen freie troposphärische oder Grenzschichtluft am Schneefernerhaus vorhanden sind:
- Werte für Luft der freien Troposphäre werden typischerweise während der Nacht im Winter gemessen.
- Luft aus der Grenzschicht wird typischerweise während des Nachmittags im Sommer gemessen.
- Aitken- und Akkumulationsmodepartikel, sowie PAN (NO<sub>y</sub>) und <sup>214</sup>Po eignen sich am besten als Indikator zur Unterscheidung beider Lufttypen.
- Alle Werte im breiten Zwischenbereich zwischen „Freie Troposphäre“ und „Grenzschicht“ sind als Gemisch zwischen beiden Lufttypen zu bewerten. Z.B. Sommer, Aerosolkonzentrationen von 0:00h -04:00h

# Untersuchung von Ferntransporten

- **1. Rücktrajektorien (1-dimensional), Trajektorienclusteranalyse**
- **K-Mittelwert Clusteranalyse.**  
Trajektorien­daten aus dem *HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model (HYSPLIT)*, National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA, USA,  
<http://www.arl.noaa.gov/ready/-hysplit4.html>.
- **Diese Trajektorien beruhen auf Analysedaten des Globalmodells GDAS mit einer Gitterauflösung von etwa 1° in der Nordhemisphäre.** Eine kleinräumige Interpretation der Zugbahnen etwa innerhalb des Alpengebiets ist deshalb nicht zulässig, wohl aber eine Zuordnung der innereuropäischen bzw. außereuropäischen Transportvorgänge.

**Abstandsmaß für die Clusteranalyse:** Kombination aus geographischer Breite und Länge (in Kugelkoordinaten), der Höhe der Trajektorie, sowie der pseudopotentiellen Temperatur an der Radiosondenstation München-Oberschleißheim im Voralpenland.

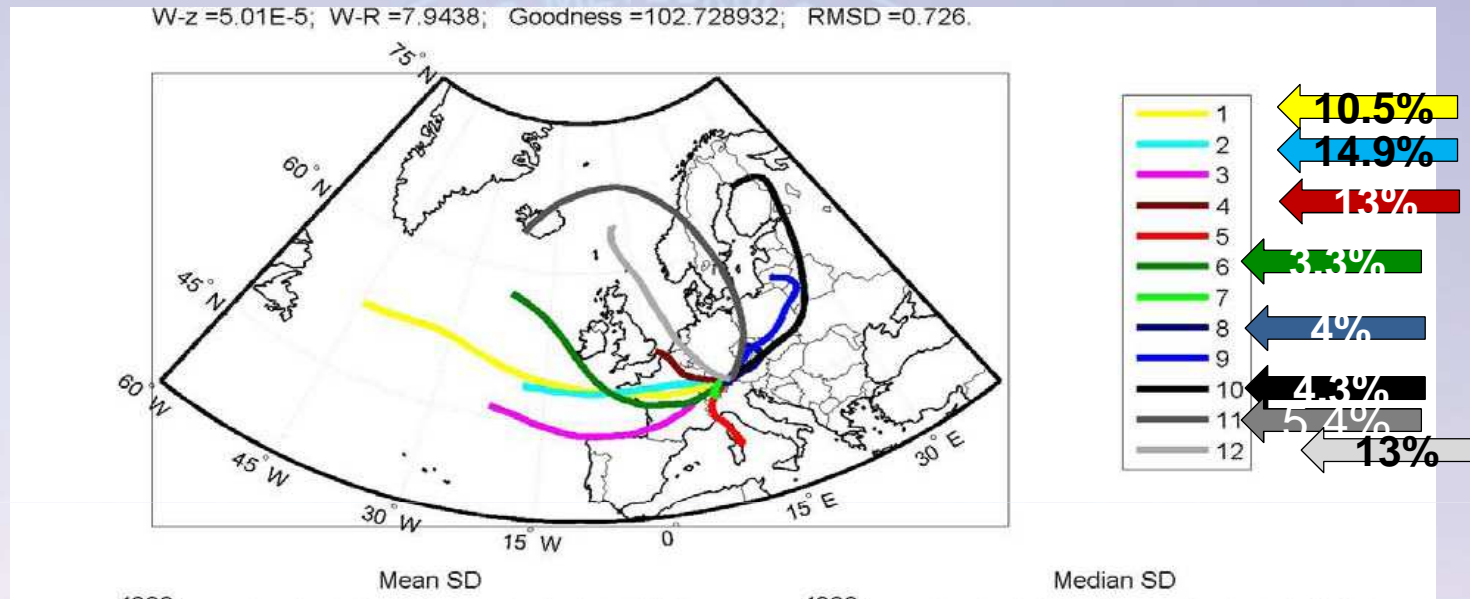
# Trajektorienclusteranalyse Nacht, 22:00h - 06:00h



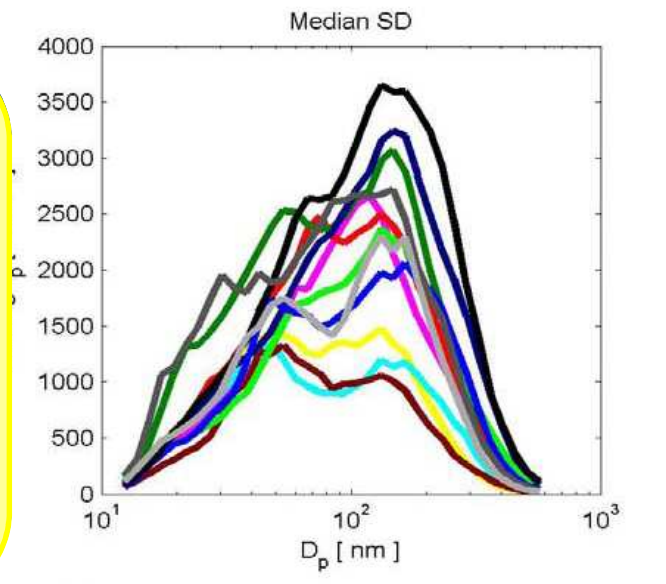
# Trajektorienclusteranalyse Mittagszeit, 13:00h MEZ, Monate 04-08, 2005-2006

- Bei diesen Messwerten wird **ein Einfluss der lokalen Grenzschicht** in Betracht gezogen. Verwendet wurden die **Daten von 276 Tagen aus der durch Konvektion dominierten Jahreszeit.**
- Die **Partikelgrößenverteilungen wurden für jeden Tag zwischen 12:00 und 18:00 Uhr gemittelt und der um 12:00 UTC (13:00 MEZ) gestarteten Rückwärtstrajektorie zugeordnet.**
- Der **Winter wurde ausgespart**, weil hier die Grenzschichtkonvektion nur undeutlich erkennbar ist.
- Aus einer Vielzahl von durchgeführten Clusteranalysen wurde **ein Fall für n=12 ausgewählt.**

# Trajektorienclusteranalyse Mittagszeit, 13:00h MEZ, Monate 04-08, 2005-2006



Die Trajektoriencluster mit den geringsten Massenkonzentrationen: Cluster 1: Nordatlantik, Cluster 2: Nordatlantik, Cluster 4: Mitteleuropa atlant., und Cluster 12: Nordsee umfassen gemeinsam 51% aller Fälle.





# Zusammenfassung der Trajektorienanalyse

- **Im Winter wesentlich häufiger saubere Luftschichten aus der freien Troposphäre.**
  - Aitkenmode:  $100\text{p}/\text{cm}^3$ , Akkumulationsmode:  $38\text{p}/\text{cm}^3$
  - Gesamt:  $330\text{p}/\text{cm}^3$  mit  $< 1\text{ug}/\text{cm}^3$  (10-600nm)
- **Im Sommer eher verschmutzte Luftschichten aus der Grenzschicht.**
  - Typisch: (540), 1100 bis 1700  $\text{p}/\text{cm}^3$ , 1.2 bis 7.3  $\text{ug}/\text{cm}^3$
- **In Frühjahr, Sommer und Herbst zur Tagesmitte bei starker Grenzschichtbeeinflussung!**
  - Typische Partikelkonzentrationen 1400-3300  $\text{p}/\text{cm}^3$  mit 3.3 bis 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

# Quellanalyse mit Flexpart

- FLEXPART, im Rückwärtsmode betrieben, erzeugt ein Ensemble vieler Rücktrajektorien, die zusätzlich zum großskaligen Advektionsfeld auch unter einer stochastischen Betrachtung konvektiver und turbulenter Transportvorgänge berechnet werden. (Stohl and Thomson, 1999; Seibert et al., 2001).

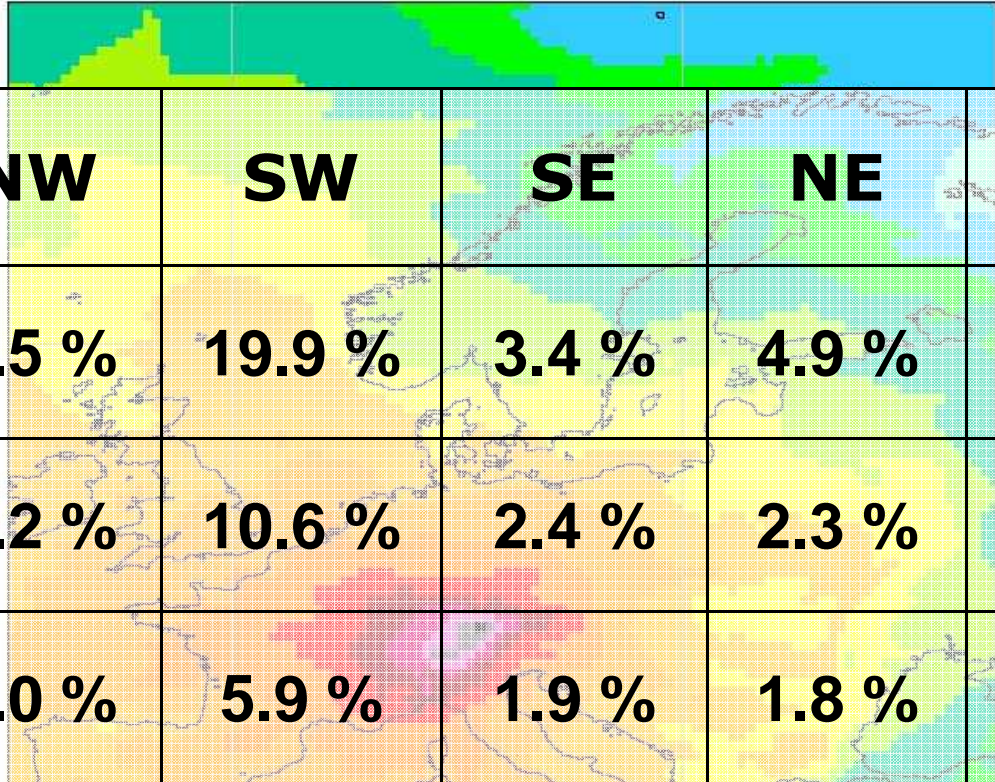
## Ansatz 1: Häufigkeit der Herkunft

$$\overline{gsr}(\varphi, \theta, t) = \frac{\sum_{i=1}^{anz} gsr(\varphi, \theta, t)}{anz} \quad (1)$$

$gsr(\varphi, \theta, t)$	Quell-Rezeptorbeziehung (QRB) als Funktion geographischer Breite $\varphi$ und Länge $\theta$ für einen Releasezeitpunkt $t$ . Diese QRB bezieht sich entweder auf die Aufenthaltsdauer in der Bodenschicht („Footprint“ genannt), in jeder beliebigen Modellschicht oder in der Gesamtheit aller Schichten („Säule“). In der Praxis von FLEXPART bezieht sich die QRB auf ein 3-Stunden-Intervall. Die angegebene Releasezeit bezieht sich immer auf den Endzeitpunkt dieses Releaseintervalls. Die Einheit der Footprint-QRB ist $ns \text{ kg}^{-1}$ , diejenige der Säulen-QRB $ns \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-1}$ .
$obs(t)$	Die lokal zum Zeitpunkt $t$ am Rezeptorpunkt gemessenen Luftbeimengungen (Konzentrationen an Aerosolpartikeln oder Spurengasen). Einheit: Partikel $\text{cm}^{-3}$
$anz$	Anzahl der in die Berechnungen eingehenden Releases, d.h. gestarteten Retroplumes.

# Häufigkeit der Herkunft von Luftmassen, klassifiziert nach Richtung und Entfernung

transph\_2jahre\_05\_06\_sl



r [km]	NW	SW	SE	NE	Σ
300	5.5 %	19.9 %	3.4 %	4.9 %	33,7%
600	5.2 %	10.6 %	2.4 %	2.3 %	54,2%
900	4.0 %	5.9 %	1.9 %	1.8 %	67,8%

Prozentualer Anteil der in 3 Radien (300, 600 und 900km) und in 4 Hauptrichtungen unterteilten Sektoren für das Mittel aller Transporthäufigkeiten in 2005 und 2006. Die maximale Ausbreitungszeit beträgt 5 Tage, betrachtet werden die Bodenschicht und die Releases 00-24h.

# Quellanalyse mit Flexpart

- **Ansatz 2: Mit der Anzahlkonzentration gewichtete Summation von Footprints.**

$$\frac{\sum_{t=1}^{anz} gsr(\varphi, \theta, t) \cdot obs(t)}{\sum_{t=1}^{anz} obs(t)} = a(\varphi, \theta)$$

- $gsr(\varphi, \theta, t)$  : Footprint für einen Releasezeitpunkt  $t$ , in der Praxis ein 3-Stunden-Intervall, als Funktion geographischer Breite und Länge.
- $obs(t)$  : die am Schneefernerhaus zum fraglichen Zeitpunkt gemessene Partikelanzahlkonzentration, als Gewicht bei der Summation der Footprints eingesetzt.
- Die mit den experimentellen Konzentrationen gewichtete Quell-Rezeptorbeziehung, gibt Aufschluß darüber, aus welchen geographischen Gebieten die am Rezeptorstandort gemessenen Luftbeimengungen (d.h. Partikel) bevorzugt stammen. **Zeiträume mit hohen Partikelkonzentrationen (belastete Luftmassen) gehen stärker in den Mittelwert  $a(j, q)$  als Zeiträume mit sauberen Luftmassen. Der Summenfootprint  $a(j, q)$  hebt also diejenigen geographischen Gebiete hervor, aus deren Bodenschicht die Partikel potentiell stammen können.**

# Summierte Quell-Rezeptorbeziehung, 5d, 150-600nm, 0h–24h links: Bodenschicht, rechts: Gesamtsäule

## Frühling: Febr, Mar, Apr

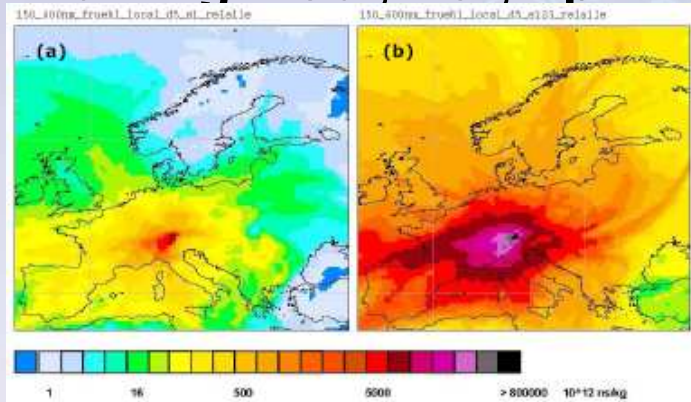


Abb. 6.9: Aufsummierte Quell-Rezeptorbeziehung  $a(\varphi, \theta)$ , (a) Bodenschicht (Footprint), (b) Gesamtsäule, Laufdauer 5 Tage, für den Frühlingszeitraum (Februar, März, April), gewichtet nach der Partikelanzahlkonzentration im Akkumulationsmode (150-600 nm). Berücksichtigt sind alle Releases zwischen 00:00 und 24:00.

## Sommer: Mai, Juni, Juli

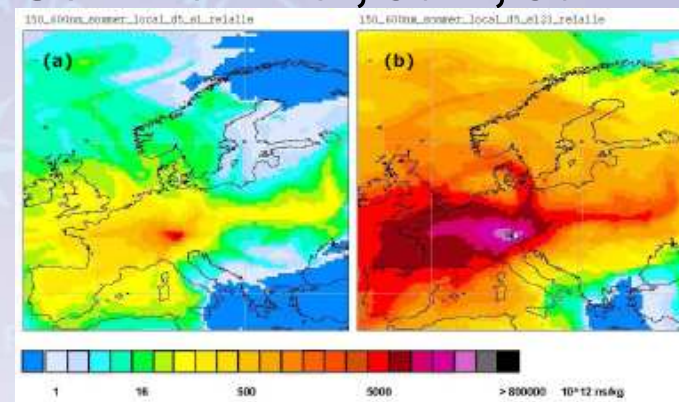


Abb. 6.10: Aufsummierte Quell-Rezeptorbeziehung  $a(\varphi, \theta)$ , (a) Bodenschicht (Footprint), (b) Gesamtsäule, Laufdauer 5 Tage, für den Sommerzeitraum (Mai, Juni, Juli), gewichtet nach der Partikelanzahlkonzentration im Akkumulationsmode (150-600 nm). Berücksichtigt sind alle Releases zwischen 00:00 und 24:00.

## Herbst: Aug, Sept, Okt.

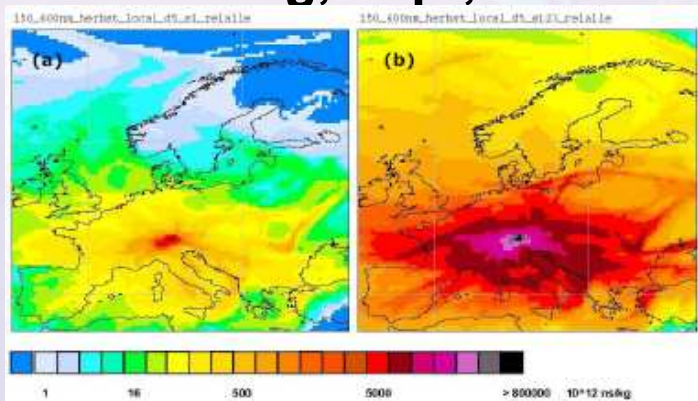


Abb. 6.11: Aufsummierte Quell-Rezeptorbeziehung  $a(\varphi, \theta)$ , (a) Bodenschicht (Footprint), (b) Gesamtsäule, Laufdauer 5 Tage, für den Herbstzeitraum (August, September, Oktober), gewichtet nach der Partikelanzahlkonzentration im Akkumulationsmode (150-600 nm). Berücksichtigt sind alle Releases zwischen 00:00 und 24:00.

## Winter: Nov, Dez, Jan.

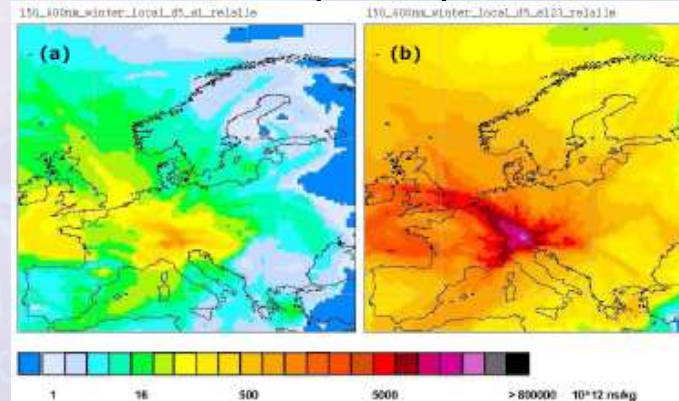
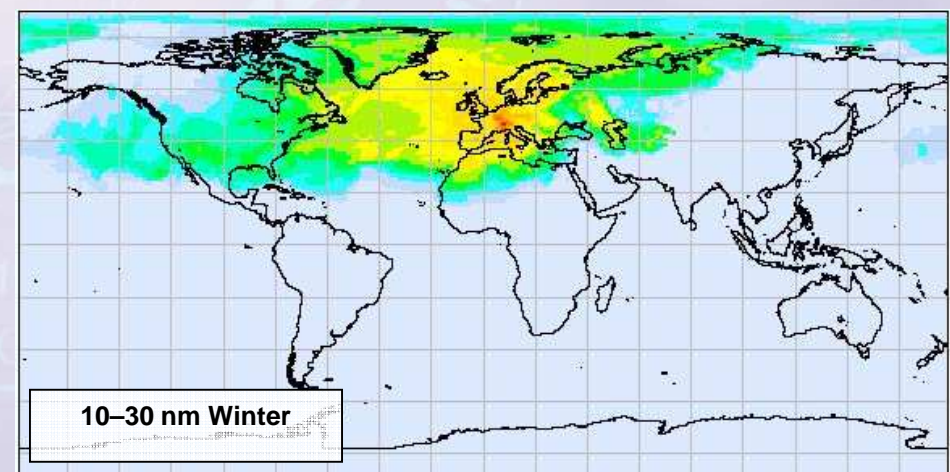
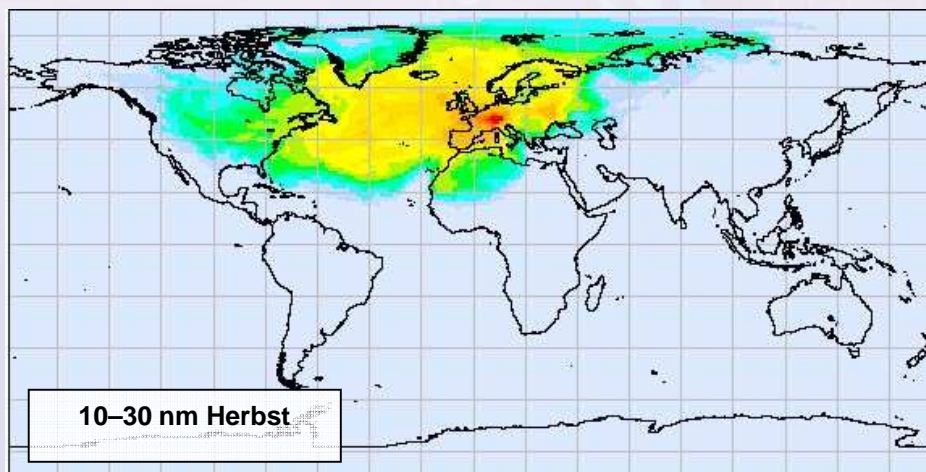
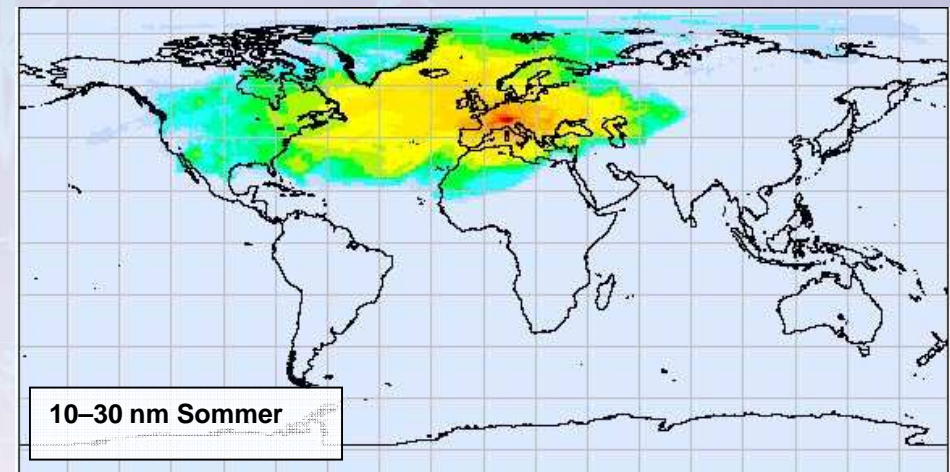
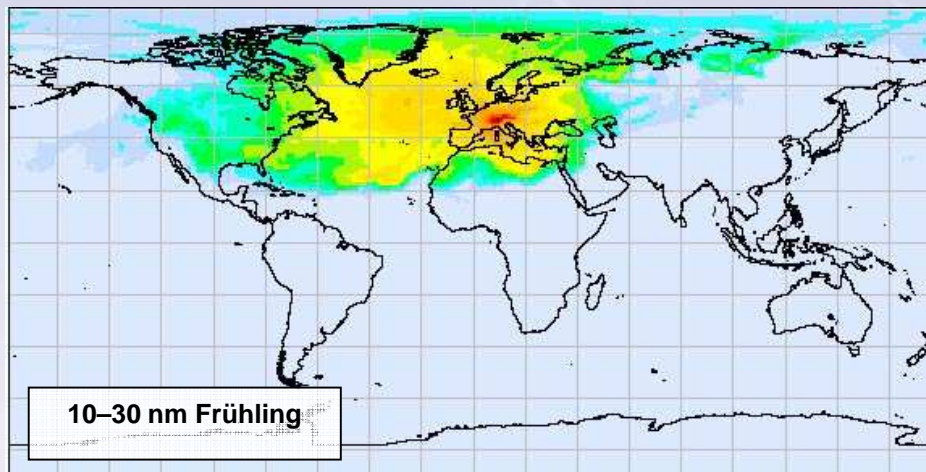


Abb. 6.12: Aufsummierte Quell-Rezeptorbeziehung  $a(\varphi, \theta)$ , (a) Bodenschicht (Footprint), (b) Gesamtsäule, Laufdauer 5 Tage, für den Winterzeitraum (November, Dezember, Januar), gewichtet nach der Partikelanzahlkonzentration im Akkumulationsmode (150-600 nm). Berücksichtigt sind alle Releases zwischen 00:00 und 24:00.

# Herkunftsanalyse für Nukleationsmodepartikel (10-30 nm), beruhend auf Ankunftszeiten zwischen 00:00 und 06:00 UTC und 10 Tagen Transportdauer.



# Quellanalyse mit Flexpart

## Ansatz 3: Gewichtung hoher und niedriger Perzentile

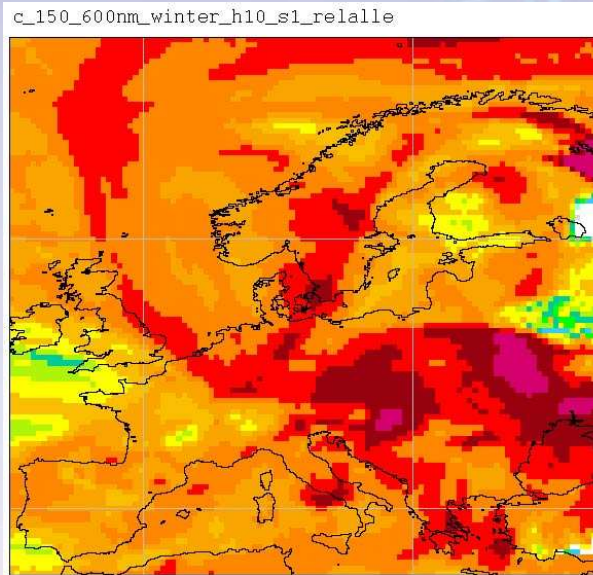
$$\frac{\sum_{i=1}^k gsr(\varphi, \theta, t) / k}{\sum_{i=1}^n gsr(\varphi, \theta, t) / n} = \frac{\overline{gsr}_k}{\overline{gsr}_n} = c(\varphi, \theta) \quad (4)$$

$c(j, q)$  stellt das Verhältnis zweier mittlerer Quell-Rezeptorbeziehungen dar.  $k$  ist die Laufzahl über alle Perzentil Releasezeitpunkte im betreffenden Zeitintervall und  $n$  die Laufzahl aller Releasezeitpunkte im betreffenden Zeitintervall. Dabei beinhaltet die  $k$  *gsr* nur ausgewählte Releasezeitpunkte des gesamten betrachteten Zeitintervalls (Frühling, Sommer, Herbst, Winter). Diese ausgewählten Releasezeitpunkte entsprechen den höchsten 5%, 10% und 25% Perzentilen der über 2 Jahre am SFH gemessenen Partikeldaten. Die mittlere Quell-Rezeptorbeziehung  $n$  *gsr* hingegen ist das Mittel aller Gitterpunkte des betrachteten Zeitintervalls.

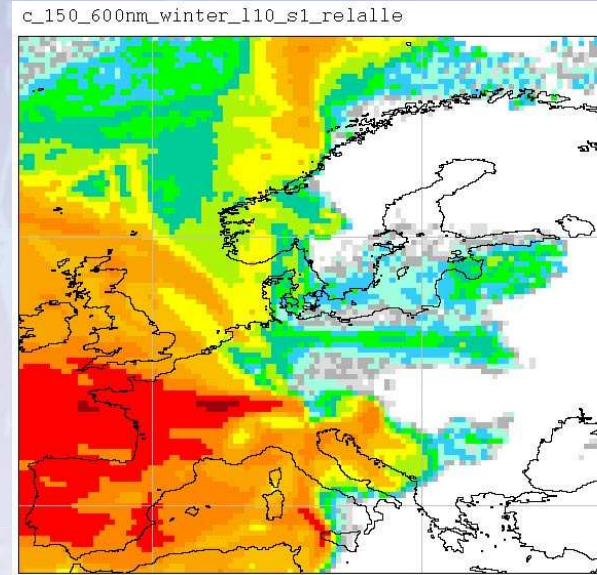
Dieses Verhältnis zeigt die Verteilung und Intensität der Quellregionen für Ereignisse mit relativ hoher/geringer Staubbelastung am Schneefernerhaus gegenüber dem mittleren „Partikel-Einzugsgebiet“. Es ist sinnvoll nur diese Perzentile zu betrachten, um den permanent vorhanden regionalen Hintergrund besser von den aus größeren Entfernungen antransportierten Partikeln zu separieren.

# 150-600nm, Herkunftsanalyse des 10-er und 90-er Perzentils (niedrigsten und höchsten 10-er Perzentile)

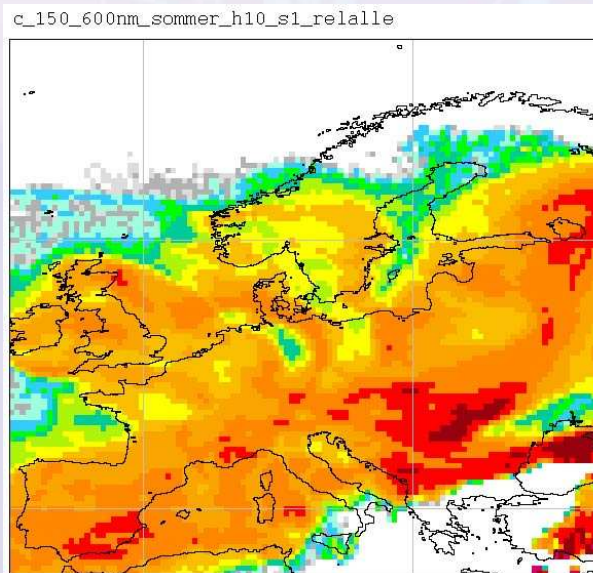
**Winter:  
hoch**



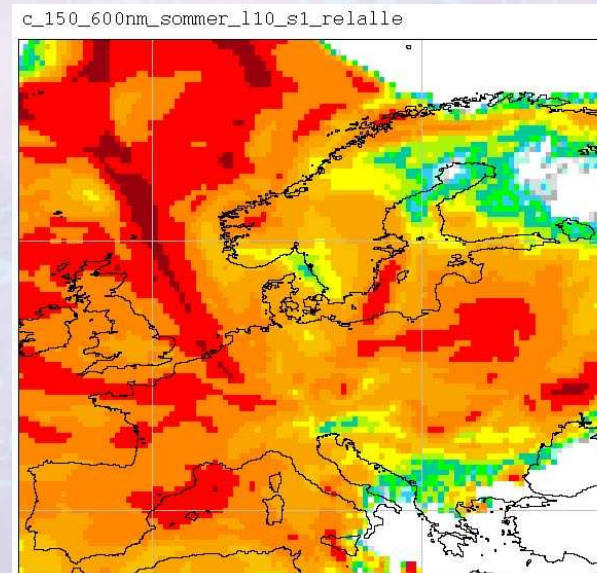
**Winter:  
niedrig**



**Sommer:  
hoch**



**Sommer:  
niedrig**





# Transatlantischer Ferntransport von Feinstaub

- Am 20. und 21. Sept. 2006 Peak atmosphärischen Aerosols am Schneefernerhaus.
- Massenkonzentration etwa  $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- Gealtertes Aerosol, mit häufigstem Durchmesser von 300nm.
- Luftmassen aus Quellregionen der westlichen und zentralen USA. Reisedauer 6-12Tage (ex Hurricane Gordon). Quellanalyse mit FLEXPART:
- Aus den Daten geht hervor, dass **zuvor kein Kontakt mit der europäischen Grenzschicht bestand.**

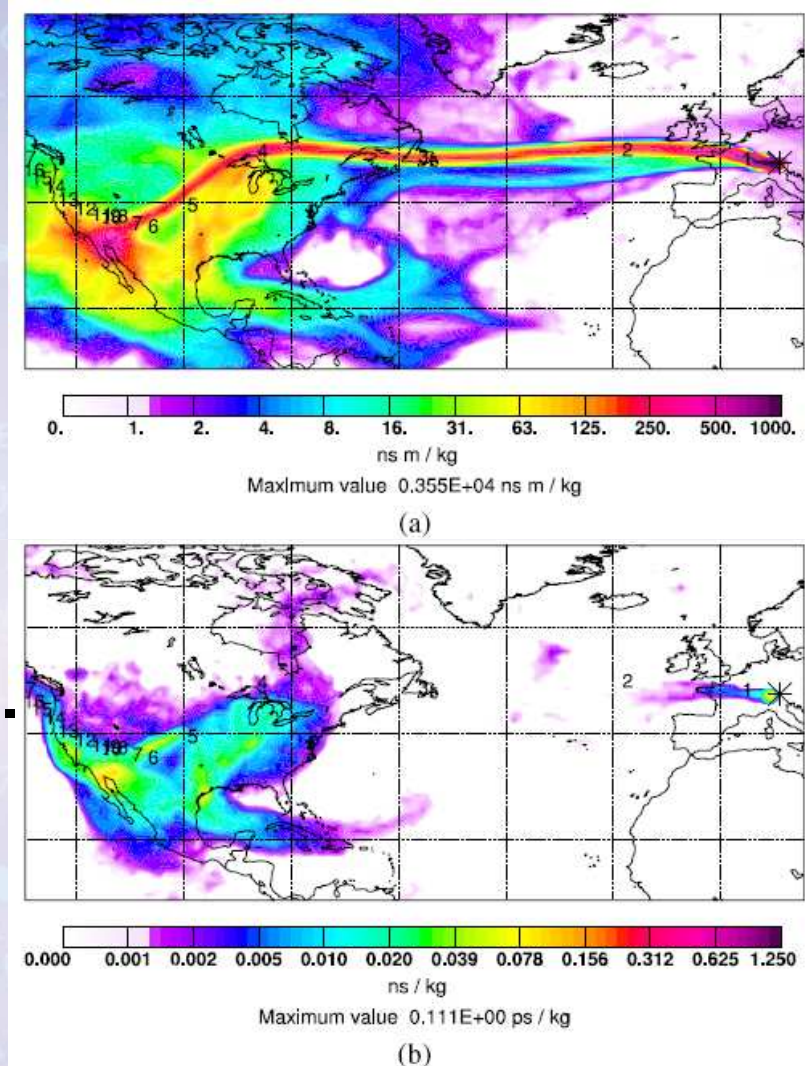


Figure 2: Source-receptor relationship with arrival time at SFH on Sep 21, 06:00 UTC: (a) Column-integrated relationship, (b) Footprint relationship

# Publikation: Transatlantischer Ferntransport von Feinstaub

**A case of transatlantic aerosol transport  
detected at the Schneefernerhaus  
Observatory (2650 m) on the northern edge  
of the Alps.**

Birmili W., T. Göbel, A. Sonntag, L. Ries, R.  
Sohmer, S. Gilge, I. Levin, and A. Stohl  
Meteorologische Zeitschrift, **submitted**,  
01/06/2009.

# Aitkenmode (60-150nm), Bilanzierung von Quellbeiträgen aus der freien Troposphäre

Herkunft	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
lokale Grenzschicht (bis 1/2 Tag Transportdauer)	20	25	40	30
mittel- u. westeuropäische Grenzschicht	15	20	30	20
Ferntransport, hiervon im einzelnen:	65	55	30	50
Osteuropa	5	4	2	8
Südeuropa	15	13	7	12
Nordatlantik	30	30	14	20
Nordeuropa	6	2	3	5
Nordamerika	3	4	2	1
Nordafrika	2	2	1	2
Südliches Eurasien	2	1	1	2

**Tabelle 6.3: Abgeschätzte relative Beiträge (in %) verschiedener Quellgebiete zur Partikelanzahlkonzentration an der UFS Schneefernerhaus unter Bedingungen der freien Troposphäre, für das Beispiel von Aitkenpartikeln (60-150 nm). Zu den Berechnungsgrundlagen siehe Text. Die Zahlen sind mit 50-100 % relativer Unsicherheit zu lesen.**

# **Akkumulationsmode, 150-600nm**

## **Bilanzierung der Quell-Rezeptorbeziehungen bei Beeinflussung durch die Grenzschicht**

Quantitative Beiträge der wichtigsten Quellgebiete.  
(Werte Mittags, Frühjahr, Sommer, Herbst, 150-  
600nm)

**Mitteleuropa (mit Alpenraum)**  
**etwas mehr als 33%**

>>

**Westeuropa, Südeuropa, Osteuropa**  
**je etwas weniger als 20%**

>>

**Nordeuropa, Atlantik**  
**je weniger als 5 %**

# Quellgebiete

- **Insgesamt stammen die Partikelkonzentrationen überwiegend aus der europäischen Grenzschicht und als ozeanisches Sekundäraerosol auch aus dem Nordatlantik (Hypothese).**
- **Afrika, teils mehrfach pro Monat, jahreszeitlich unterschiedlich.**
- **Amerika, einige wenige Male pro Jahr, zumeist diffus.**
- **Europäisch Asiatische Landmasse – Transporte aus dem Osten eher von lokaler und regionaler Bedeutung.**

# **Publikation zur Messung von Fein- und Ultrafeinstaub an der Station Schneefernerhaus/Zugspitze**

## **Feine und ultrafeine Aerosolpartikeln an der GAW-Station Schneefernerhaus/Zugspitze**

Birmili, W.; Ries, L.; Sohmer, R.; Anastou, A.;  
Sonntag, A.; König, K.; Levin, I. , Gefahrstoffe-  
Reinhaltung der Luft 1-2/2009, Seite 31-35

**Von der Zugspitze: ein Blick zum Sonnblick,  
mit Streuung des blauen Lichts bei  
ca. 380 bis 480 nm,  
im Größenbereich des Akkumulationsmode.**



# German Ultrafine Aerosol Network (GUAN)

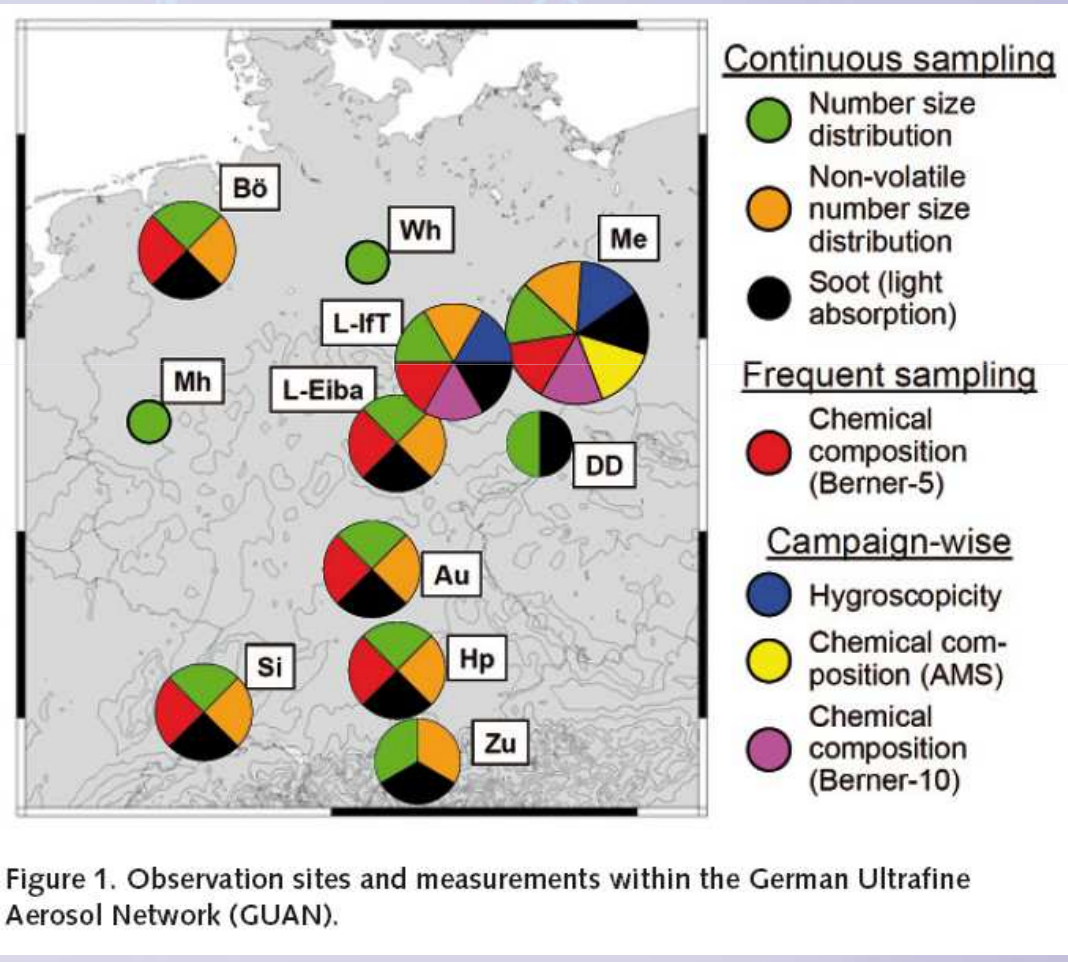
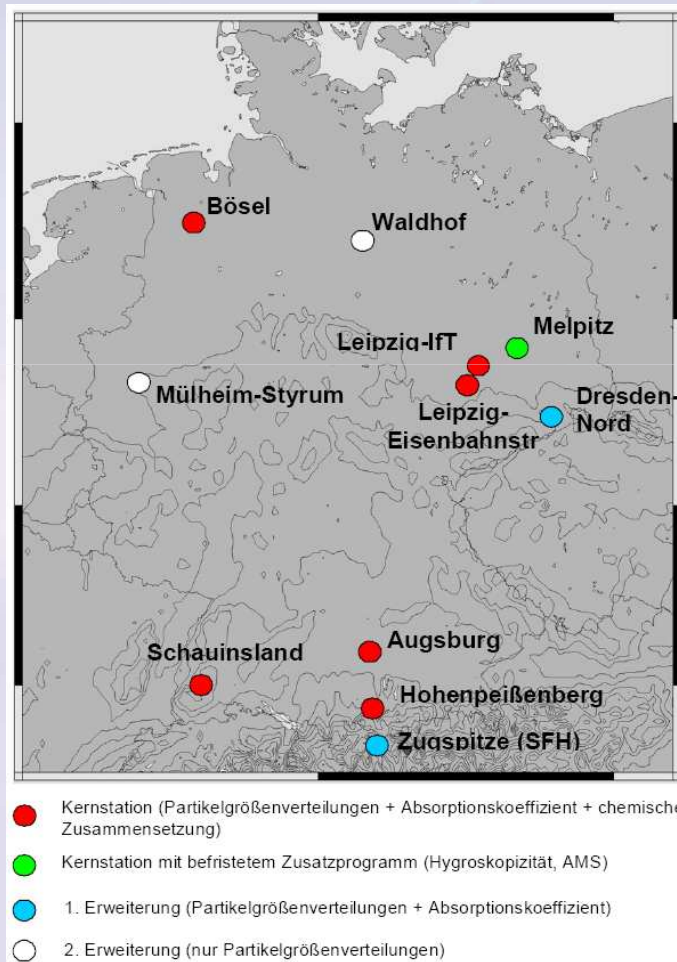


Figure 1. Observation sites and measurements within the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN).



# Guan: Messbeginn Ende 2008

- **Konzept:** längere Beobachtungsdauer und eine genauere Beschreibung des atmosphärischen Aerosols soll Aussagen bezüglich seiner Gesundheitseffekte, Klimawirkungen u. Belastung der Bevölkerung ermöglichen.
- **gemessene Parameter:**
- **Partikelanzahlgrößenverteilung,**
- **Massenkonzentration von Ruß,**
- **größenaufgelöste chemische Zusammensetzung der Partikel an bis zu elf Beobachtungspunkten.**
- **Ergänzend intensive Feldmesskampagnen** zur Erlangung eines besseren Prozessverständnisses.
- **Erste Beobachtungen von Dezember 2008 bis Januar 2009** zeigen den hohen Nutzen derartiger Daten, um raumzeitliche Effekte im atmosphärischen Aerosol über einer Fläche wie Deutschland zu verstehen.

# GUAN MAAP Messreihen 10-08 bis 8-09

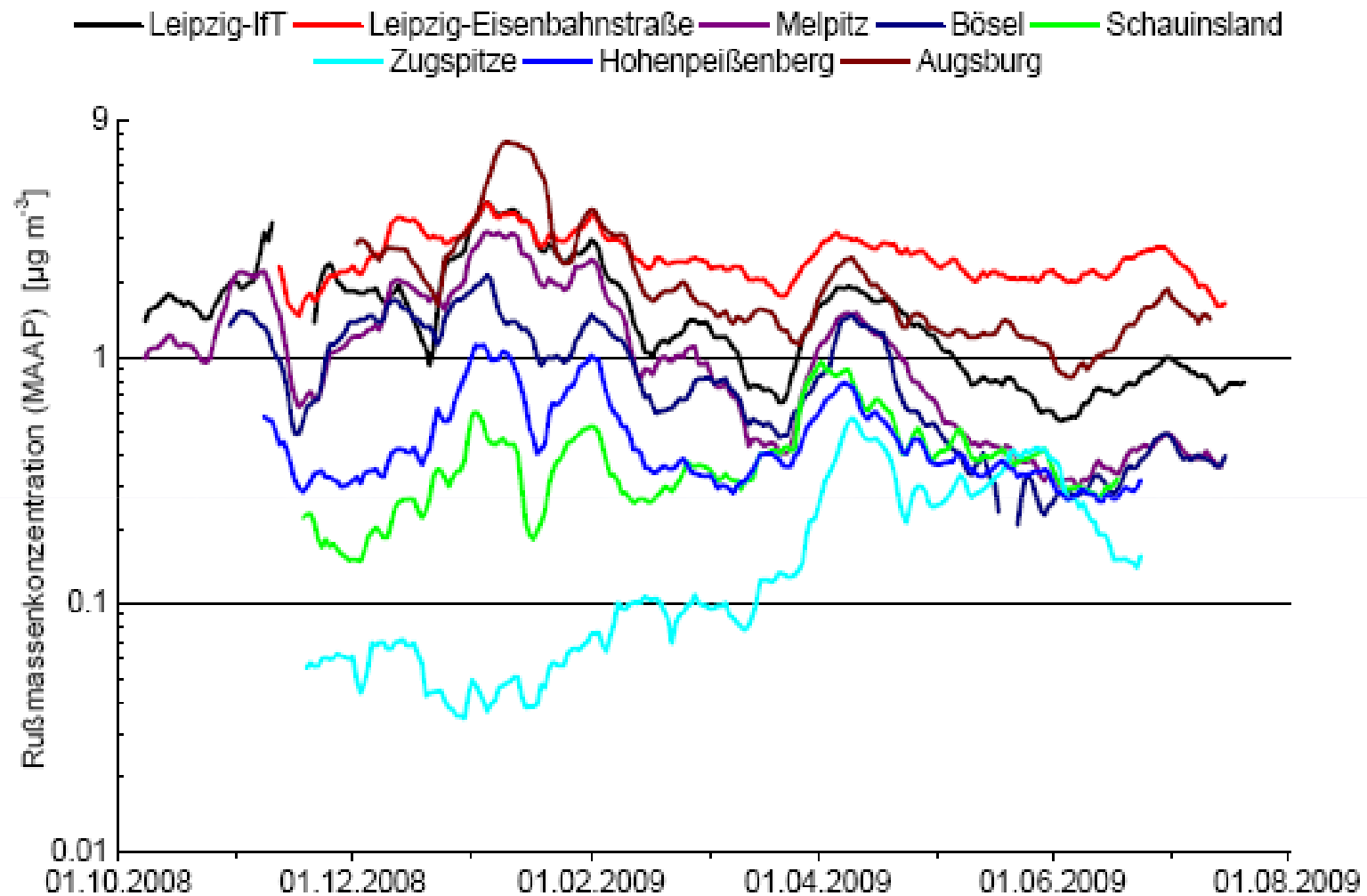


Abb. 2.1.3: Russkonzentration seit Projektbeginn (gleitendes 14-Tage-Mittel, logarithmische Darstellung).

# GUAN - Publikation

## **Atmospheric aerosol measurements in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN) Part 1: Soot and particle number size distributions**

W. Birmili, K. Weinhold, S. Nordmann, A. Wiedensohler, G. Spindler, K. Müller, H. Herrmann, T. Gnauk, M. Pitz, J. Cyrys, H. Flentje, C. Nickel, T. A. J. Kuhlbusch, G. Löschau, D. Haase, F. Meinhardt, A. Schwerin, L. Ries, K. Wirtz,  
Gefahrstoffe – Reinhaltung Luft, 69(4),2009, S. 137-145.