



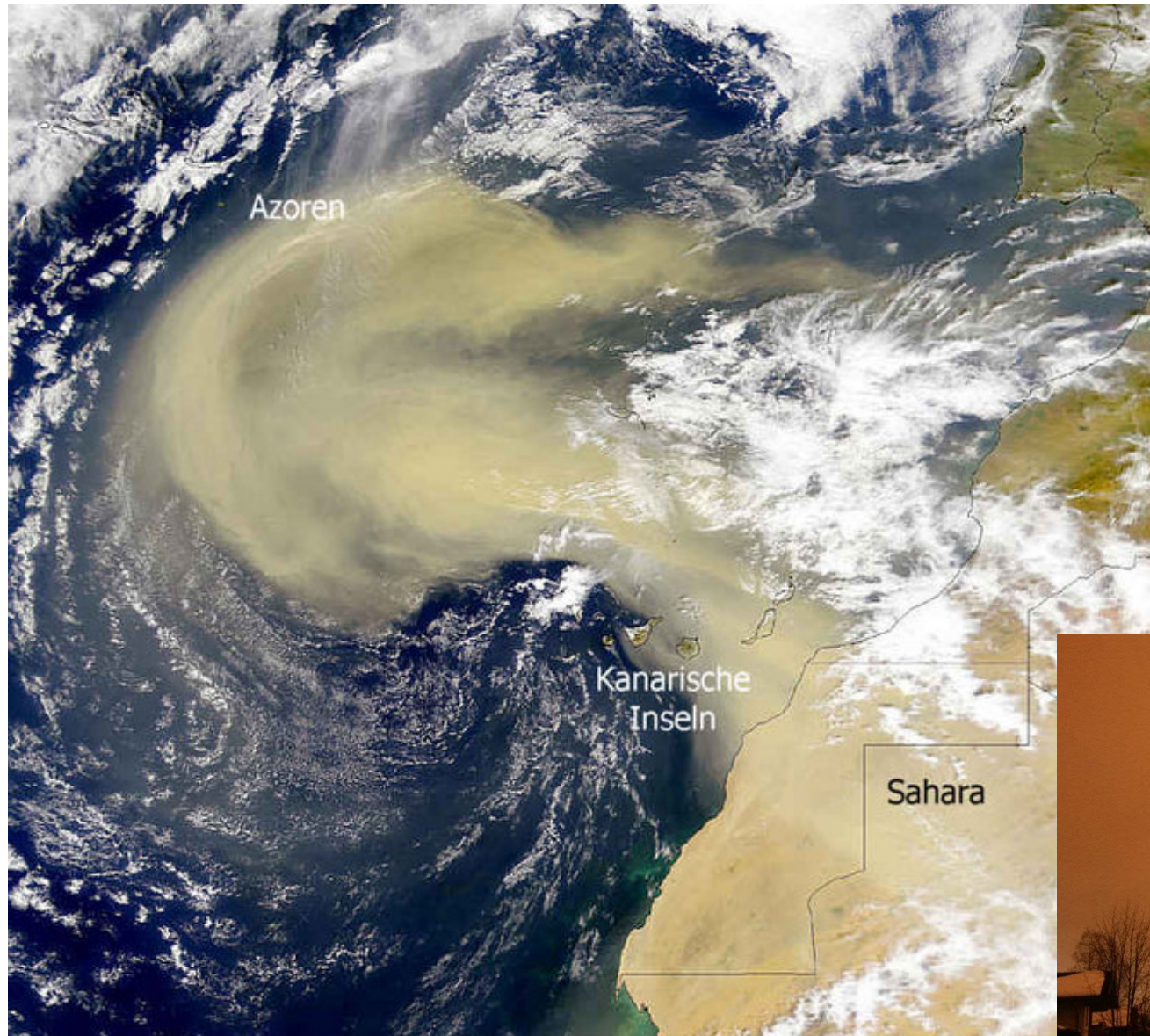
Aerosole sind feste (griech. sol) und/oder flüssige Teilchen, die in der Luft (griech. Aero) schweben.

„Dispersion von festen und/oder flüssigen Partikel in einem Gas, üblicherweise in Luft.“

Der Begriff Aerosol wird oftmals für die Partikel selber benutzt.



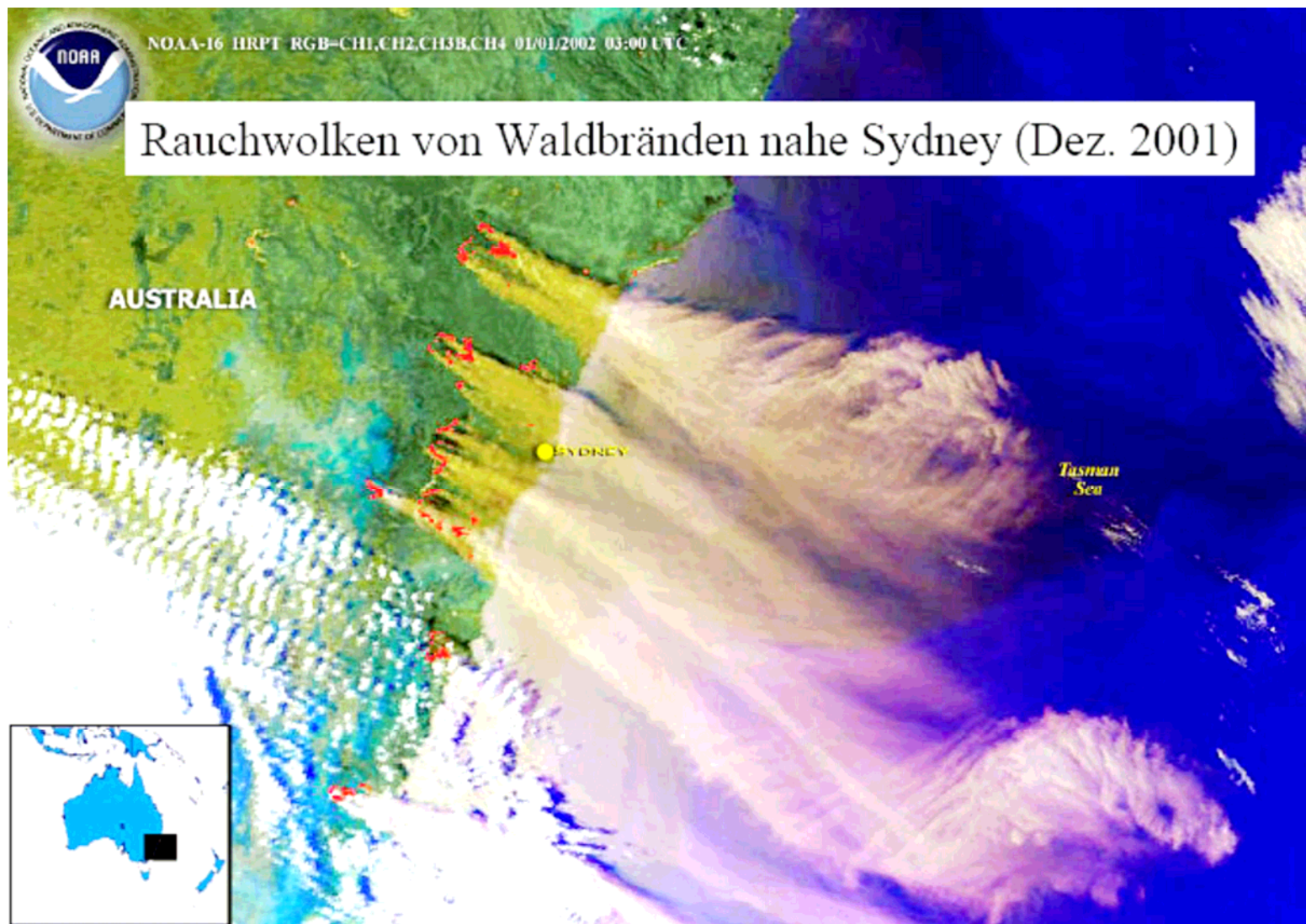
- Aerosole streuen die solare Strahlung zurück ins Weltall und können dadurch zu einem erhöhten Albedo bzw. einer stärkeren Abkühlung der Atmosphäre führen (direkter Effekt)
- Aerosole führen zu einer verstärkten Lichtstreuung (Mie-Streuung) in der Atmosphäre.
- Aerosole dienen als Kondensationskeime für die Bildung von Wolken (heterogene Nukleation). Diese haben wiederum einen Einfluss auf den Strahlungshaushalt der Atmosphäre (indirekter Effekt).
- An den Oberflächen der Aerosolpartikel können chemische Reaktionen ablaufen (Multiphasenchemie).



Sahara Staub über dem
Atlantischen Ozean am
26. Feb. 2000.

Sahara Staub mit dem
Föhn in den Alpen am
21. Dez. 2004.

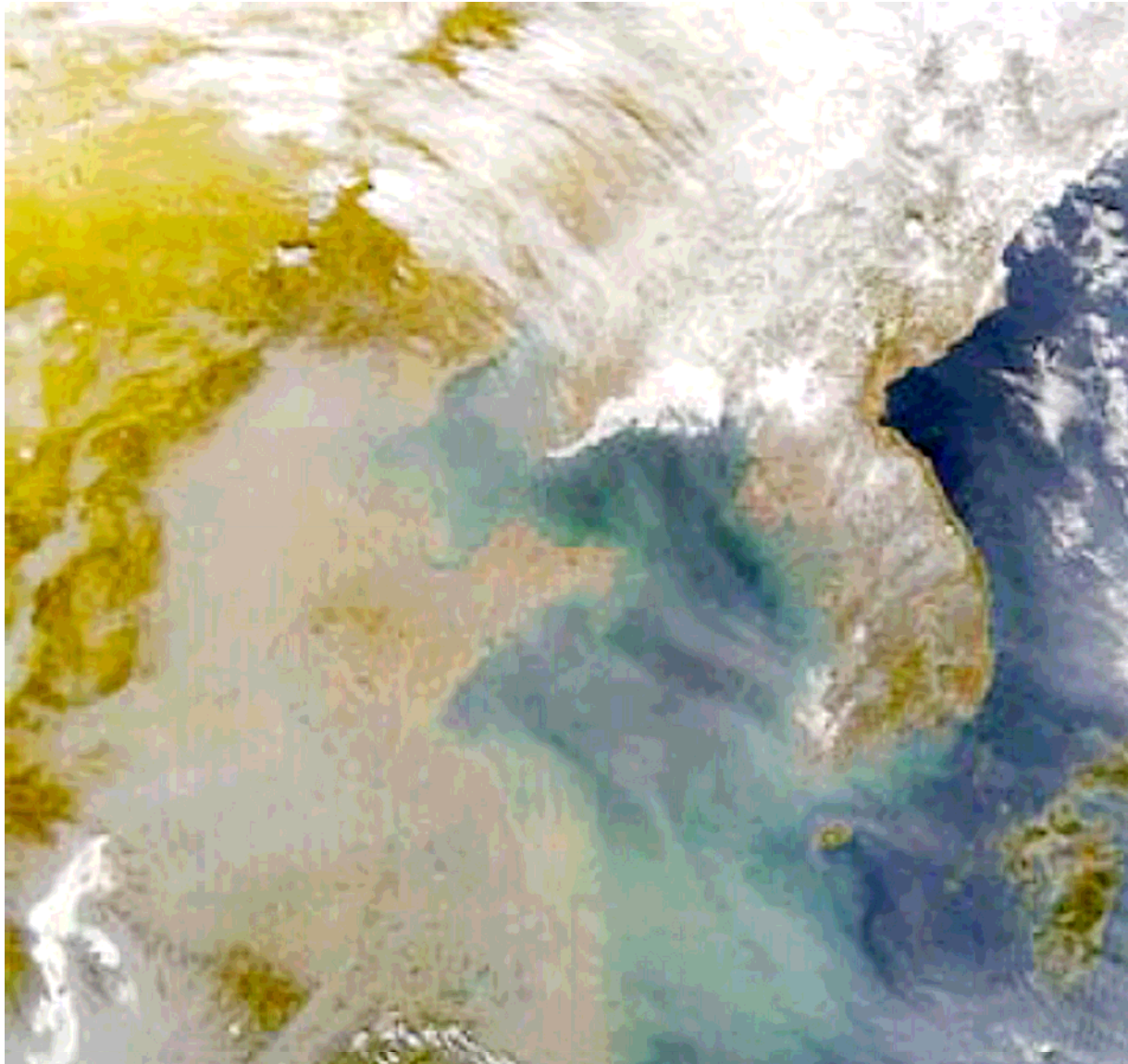


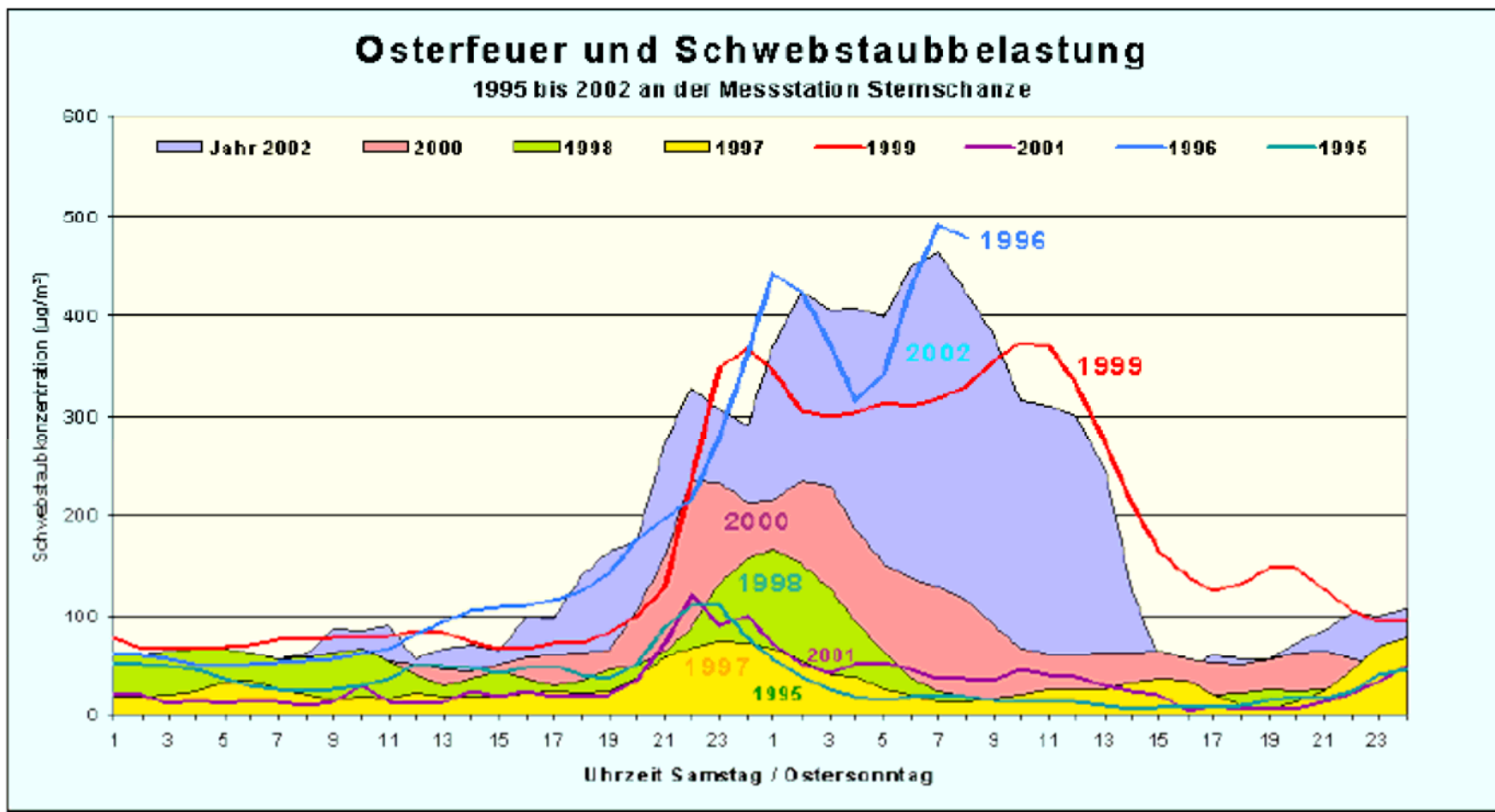




Aerosole - Asien

Atmosphärenchemie
WS 2005/06
Dr. R. Tuckermann







Aerosole – Definitionen (I)

Aerosol: Dispersion von festen und/oder flüssigen Teilchen (= Partikel) in einem Gas, üblicherweise in Luft.

Primäres Aerosol: Partikel werden direkt in die Atmosphäre eingetragen (bulk-to-particle-conversion).

Sekundäres Aerosol: Partikel entstehen erst in der Luft durch Umwandlung von gasförmigen Vorläufern (gas-to-particle-conversion).

ultrafeines Aerosol: Partikeldurchmesser $< 0,1 \mu\text{m}$
(nucleation mode)

feines Aerosol: Partikeldurchmesser $0,1 - 2,5 \mu\text{m}$
(fine-mode /accumulation-mode)

grobes Aerosol: Partikeldurchmesser $> 2,5 \mu\text{m}$
(coarse mode)



Aerosole – Definitionen (II)

Staub (*dust*): feste Partikel, die durch mechanische Zerstörung von festem Material entstehen ($D > 1 \mu\text{m}$).

Rauch (*smoke*): kleine sekundäre Partikel, die durch unvollständige Verbrennung entstehen ($D > 0.01 \mu\text{m}$).

Dämpfe (*fume*): feste Partikel, die aus der Gasphase entstehen (z. B. nach der Verflüchtigung von geschmolzenen Substanzen) ($D < 1 \mu\text{m}$).

Nebel (*haze*): Wassertröpfchen, Verunreinigungen und Staub ($D < 1 \mu\text{m}$).

Chemical characterization of North Sea aerosol particles

621

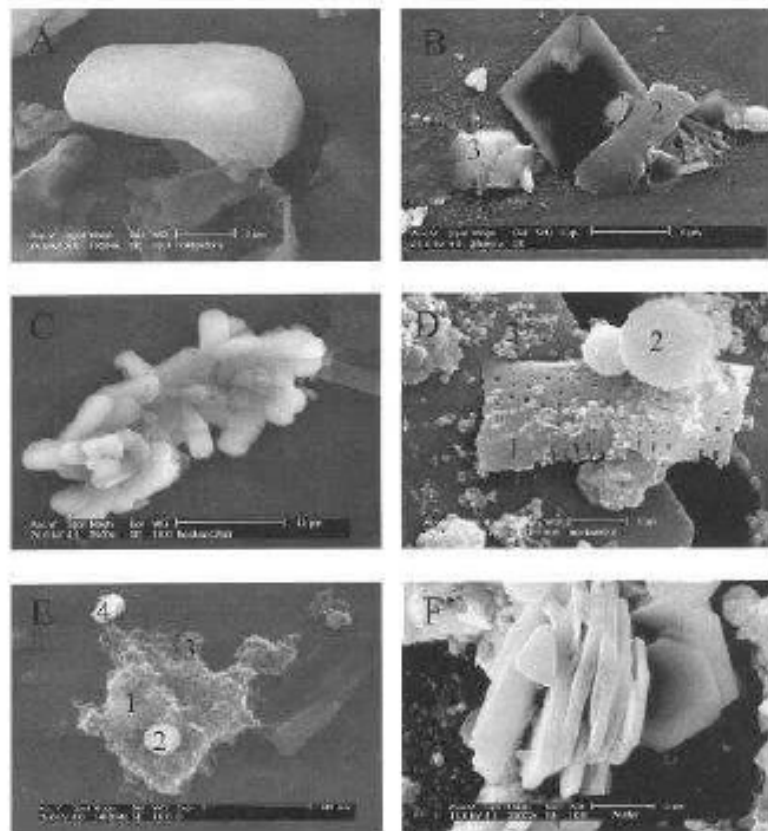


Fig. 1(A-F) Secondary electron images of North Sea aerosol particles. (A) Irregularly shaped sea salt particle. (B) Sea salt particle with typical cubic morphology. (C) Irregularly shaped sea salt particle. (D) Biological particle. (E) Silica-rich ash particle. (F) Various soot particles (diameter of primary particles below 100 nm). (G) Soot agglomerate. (H) with ammonium sulfate particles (2, 4) and carbonaceous material. (I) (J) ammonium sulfate particle (key mineral). (K) two ammonium sulfate ash particles. (L) agglomeration of iron oxide spheres. (M) calcium sulphate (commonly gypsum) particle. (N) spherical iron oxide particle. (O) and ammonium sulfate particle. (P) typical soot agglomerate. (Q) biological particle. (R) sea salt. (S) agglomerate of carbonaceous material. (T) (U) ammonium sulfate. (V) Silica-rich ash. (W) and calcium sulphate. (X, Y).

622

M. Ebert et al.

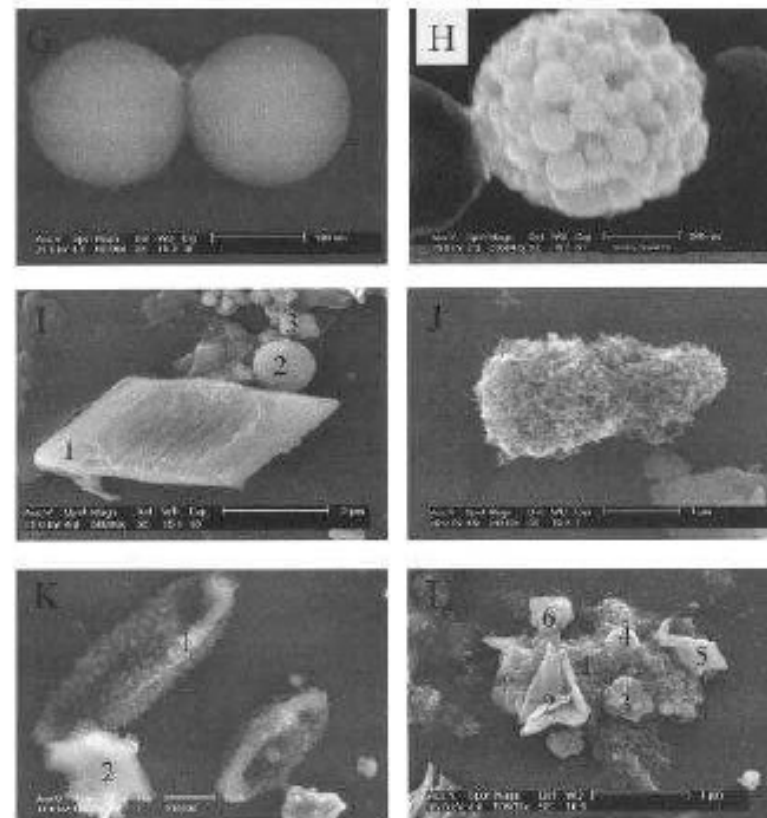


Fig. 1. Continued.



Charakterisierung von Aerosol

Atmosphärenchemie
WS 2005/06
Dr. R. Tuckermann

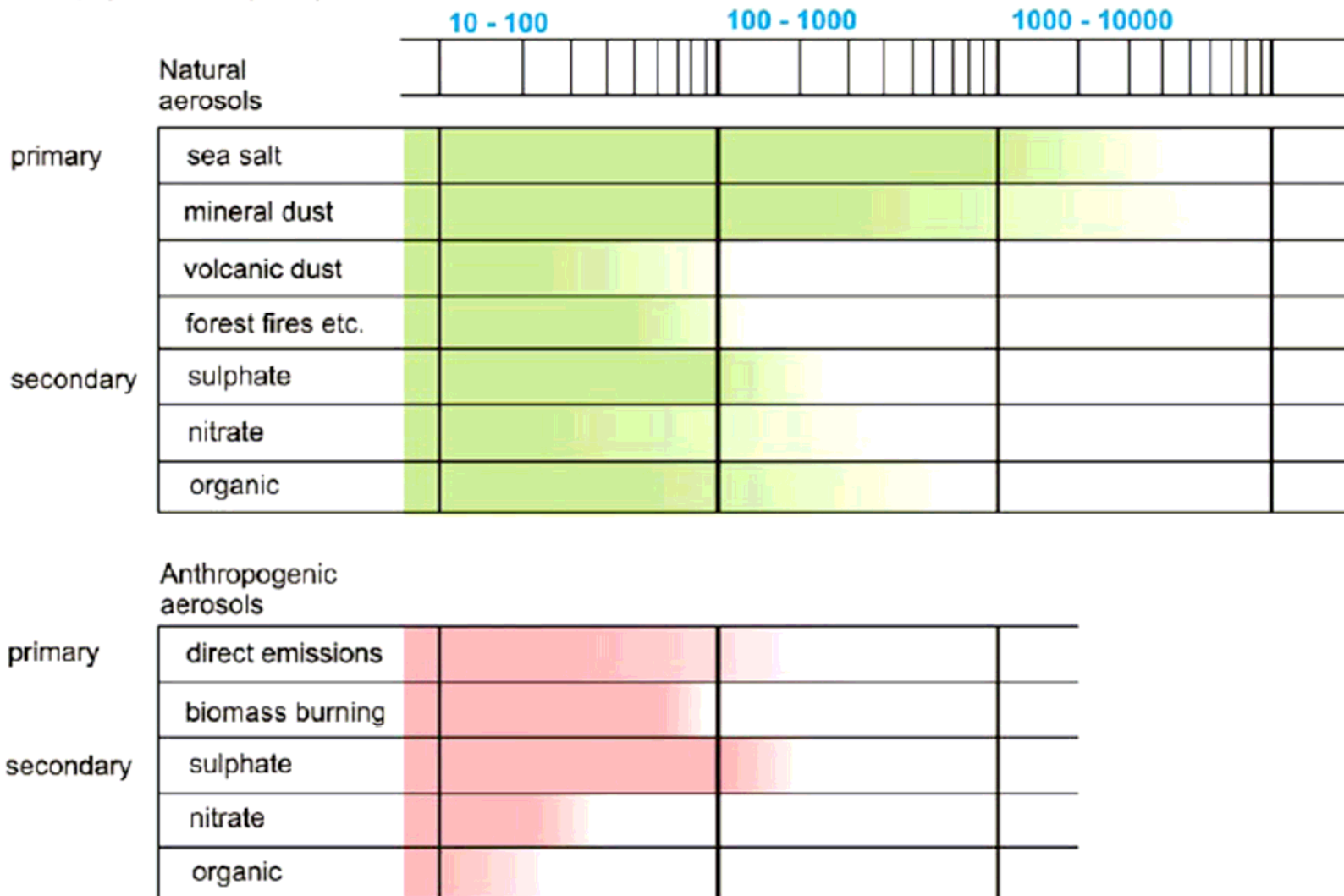
- ... nach ihrer Entstehung (Quelle)
- ... nach ihrer Größe (physikalisch)
- ... nach ihrer Zusammensetzung (chemisch)
- ... nach ihren optischen Eigenschaften (optisch)



Aerosolquellen

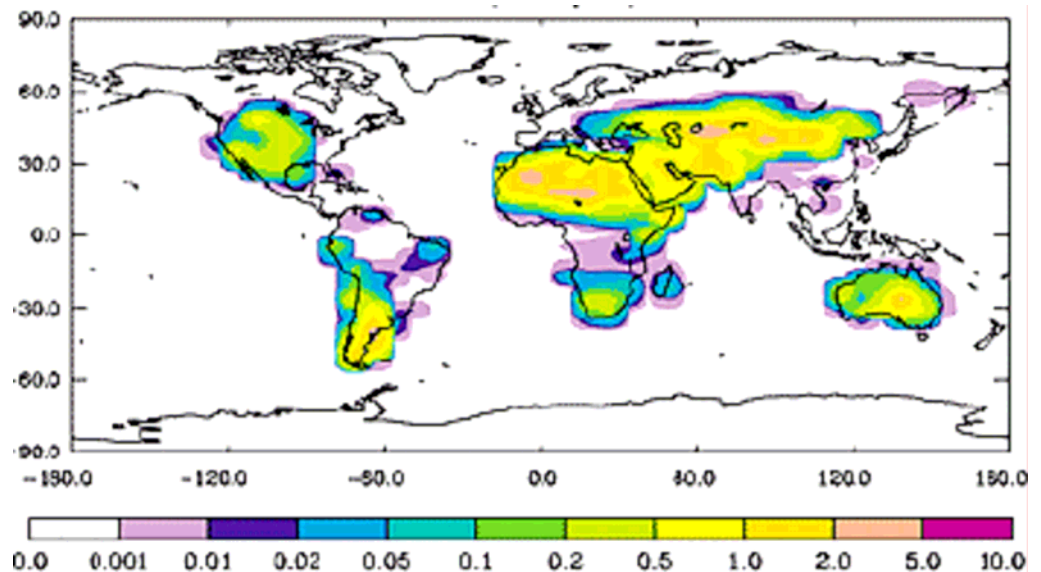
Data from P. Warneck, "Chemistry of the Natural Atmosphere", 2nd ed., Internatl. Geophys. Ser. 71 (1999)

Estimated global production rates of particulate matter (Tg year⁻¹)



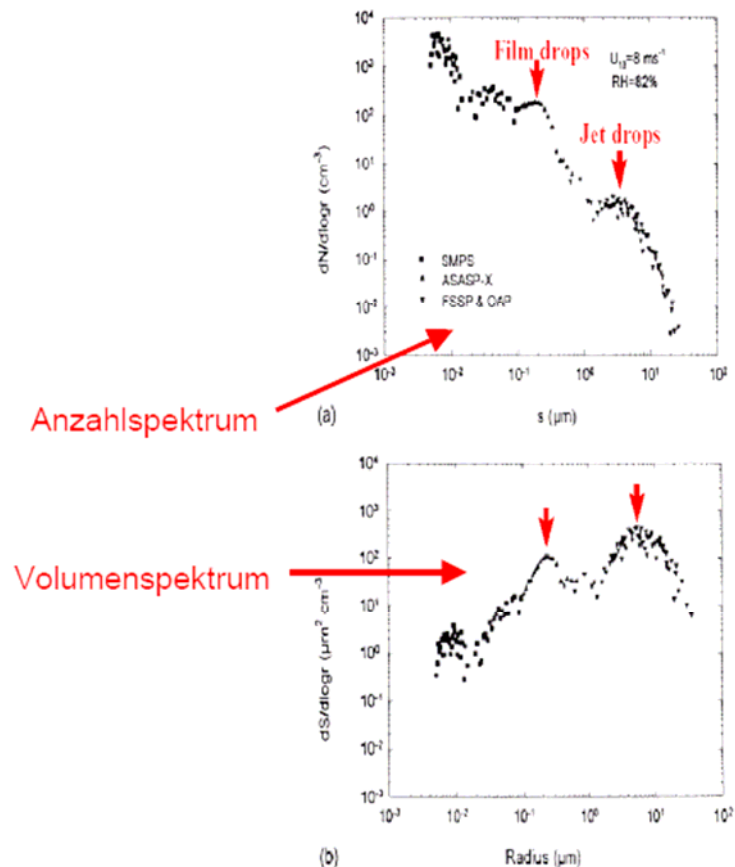
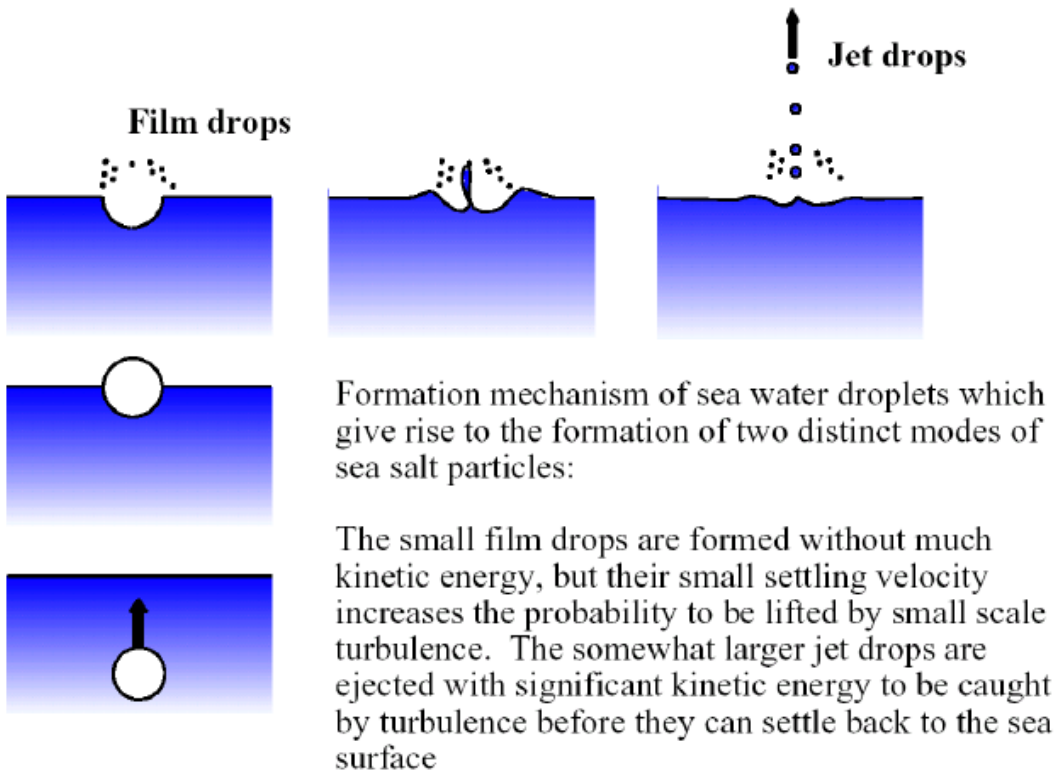
- Aufwirblung des Bodens (gelangt in Atmosphäre)
- Staubproduktion abh. von lokalen Wetterbedingungen
- interkontinentale Distanzen
- Vulkanausbrüche emittieren 33 Mt/a an Staubaerosolen

Wichtigste Quellen der Staub-Aerosole sind Wüsten- und Trockengebiete.
(Durch anthropogene Zerstörung der Pflanzendecke kann die Staub-Emission verstärkt werden.)

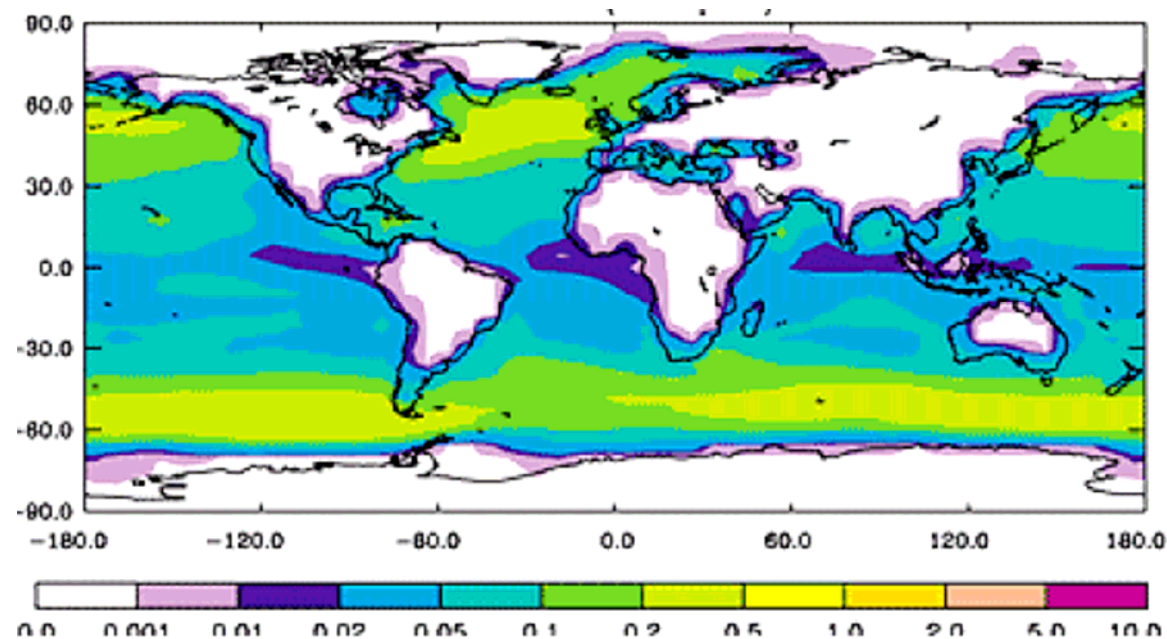


Angaben in kg pro m² und Stunde.

- Meersalzaerosole entstehen durch Schaumbildung auf Meer bzw. durch Aufreißen der Meeresoberfläche
- Meersalzaerosole gelangen durch aufsteigende (im Wasser gelöste) Gase in die Luft und trocknen bei geringer Luftfeuchte bis zum reinen Salz.

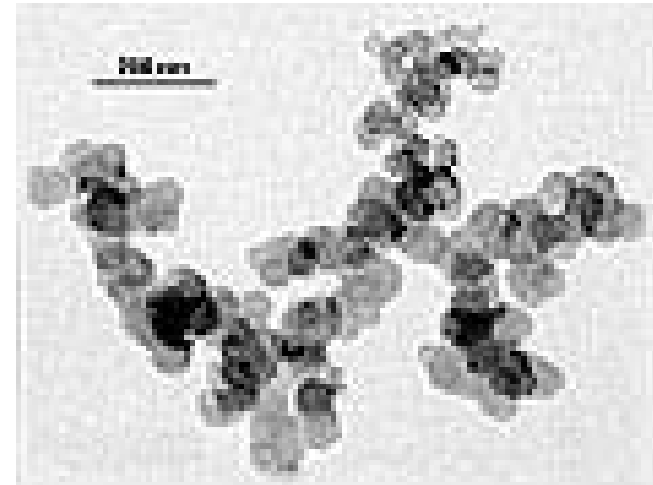


- Aerosolgröße: 0,05-10 μm
- Lebensdauer ca. $\frac{1}{2}$ Tag
- Eintrag vom Ozean in die Atmosphäre ca. 3300 Mt/a

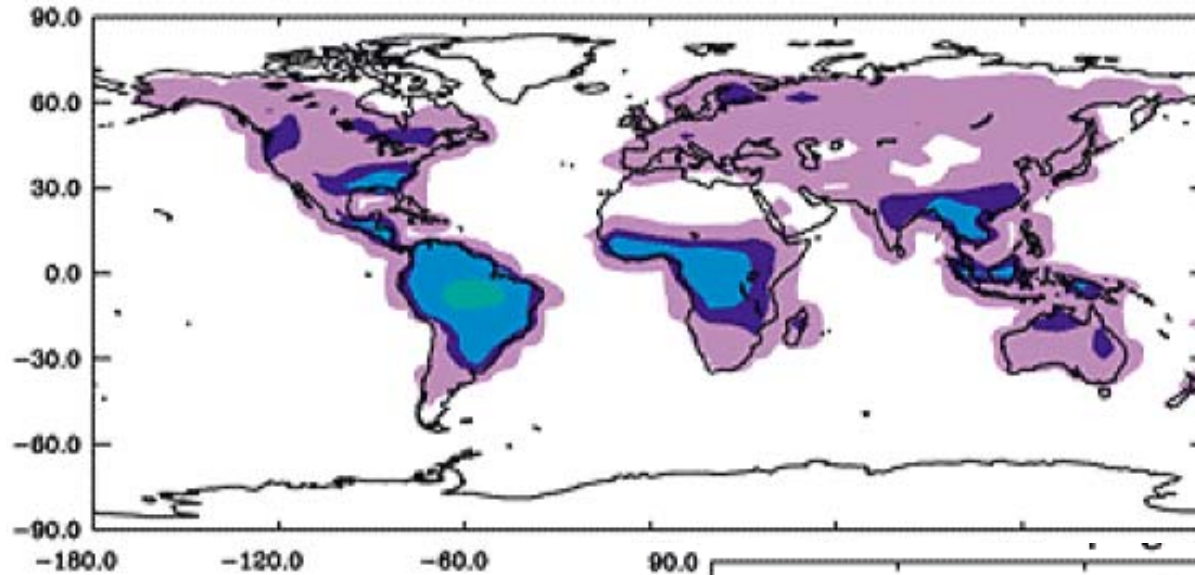


Angaben in kg pro m² und Stunde.

- Entstehung von z. B. Rußpartikeln durch unvollständige Verbrennung fossiler Brennstoffe (durch Biomassenverbrennung ca. 45-80 Mt/a, durch Verbrennung fossiler Energieträger ca. 10-30 Mt/a)
- sekundäres organisches Aerosol (Vorläufer sind leicht flüchtige organische Substanzen)

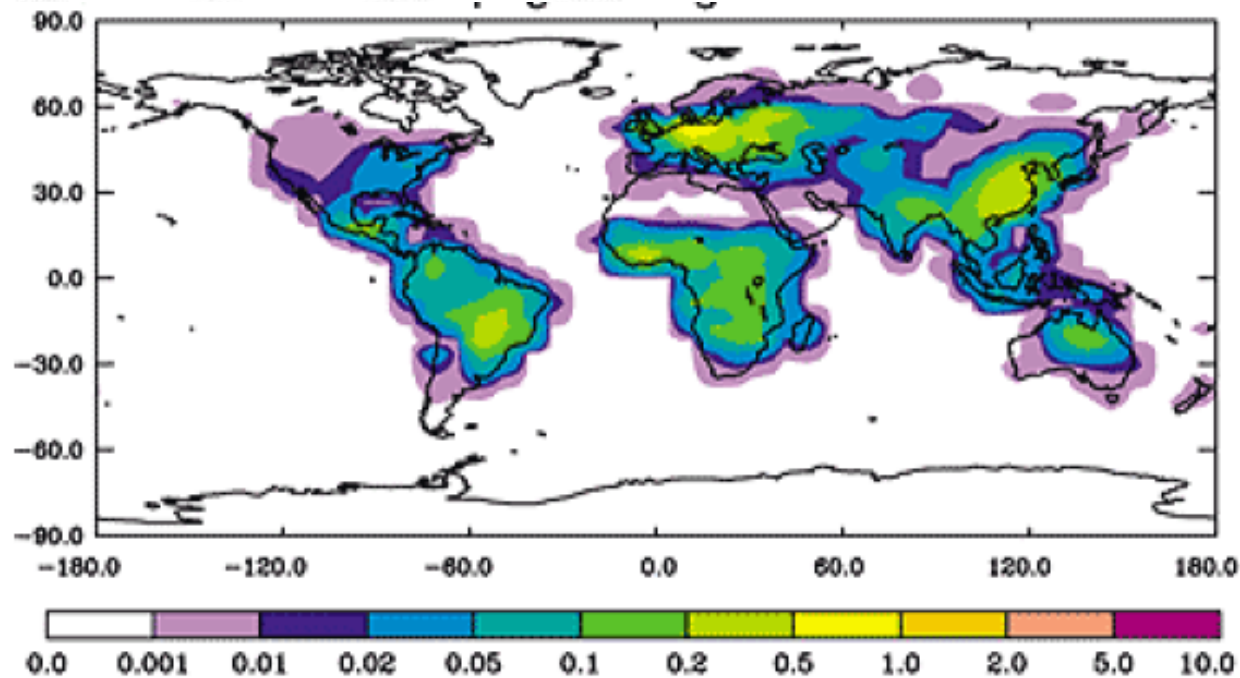


Rußpartikel sind Agglomerate aus sehr kleinen Partikeln, die bei der Verbrennung von z. B. Dieselkraftstoff entstehen.

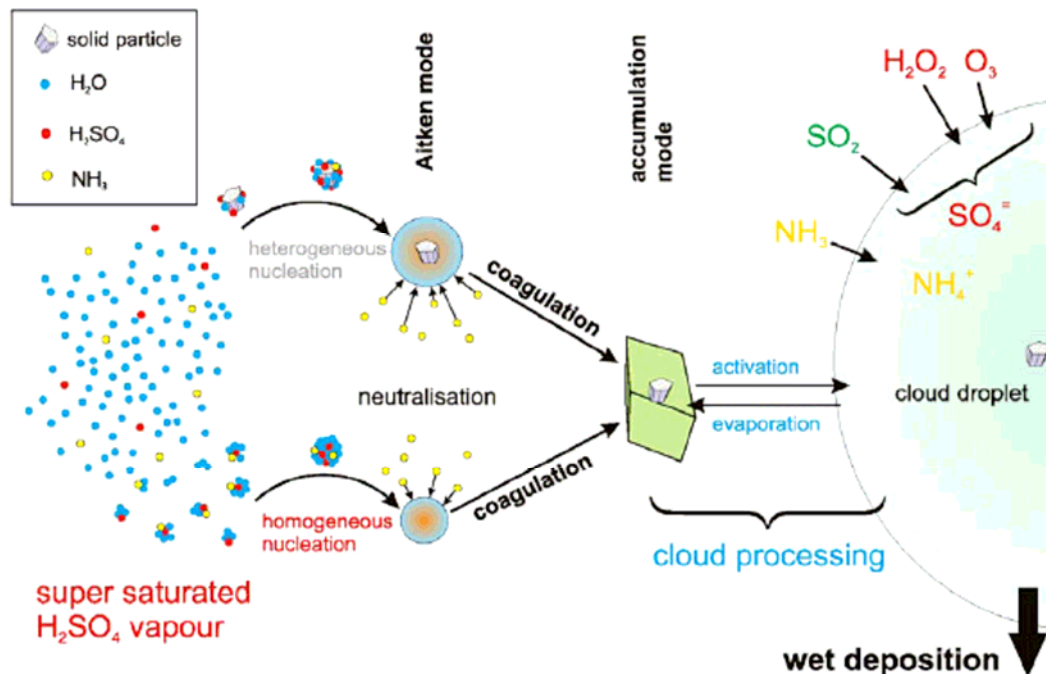


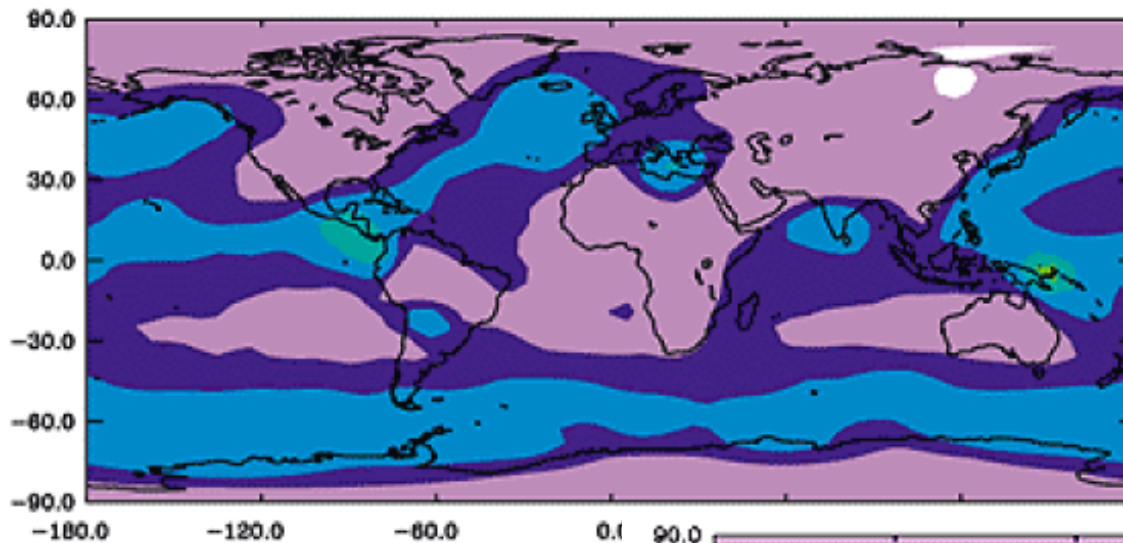
natural organic
matter

anthropogenic
organic matter



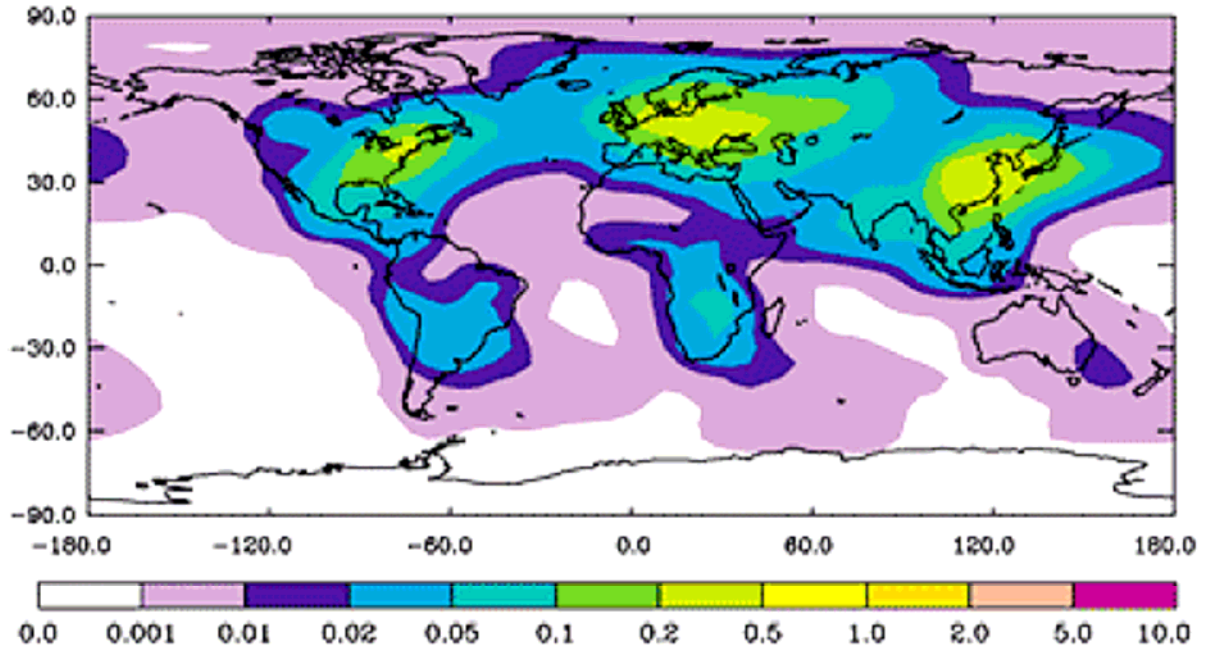
- Vorläufer Schwefeldioxid, Dimethylsulfid
- Schwefeldioxid ist Hauptbestandteil vulkanischen Schwefels (Schwefel-Emission ca. 6 - 20 Mt/a)
- Größe Sulfat-Aerosole $< 1 \mu\text{m}$
- atmosphärische Verweilzeit 4 - 7 Tage
- Vorkommen nahe Entstehungsgebiet





natural sulphate
production rate

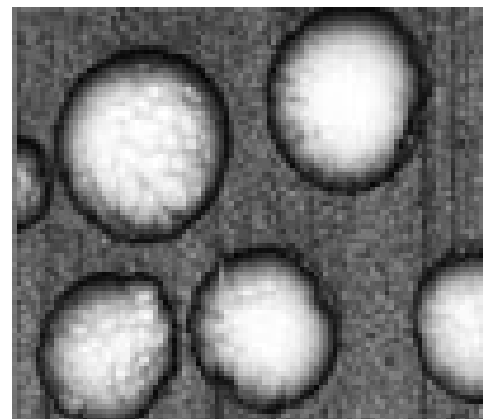
anthropogenic
sulfate production
rate

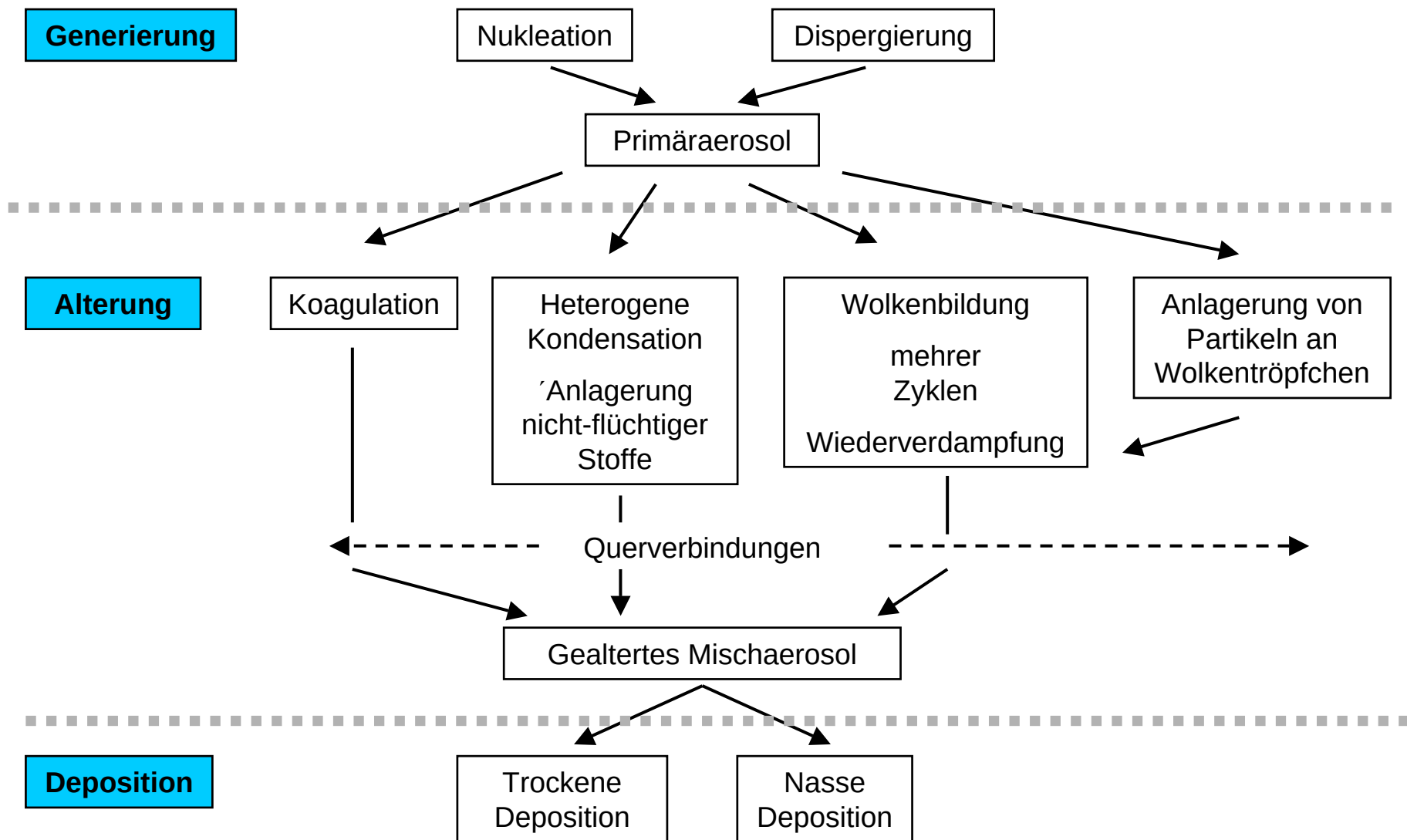


Stickstoffverbindungen:

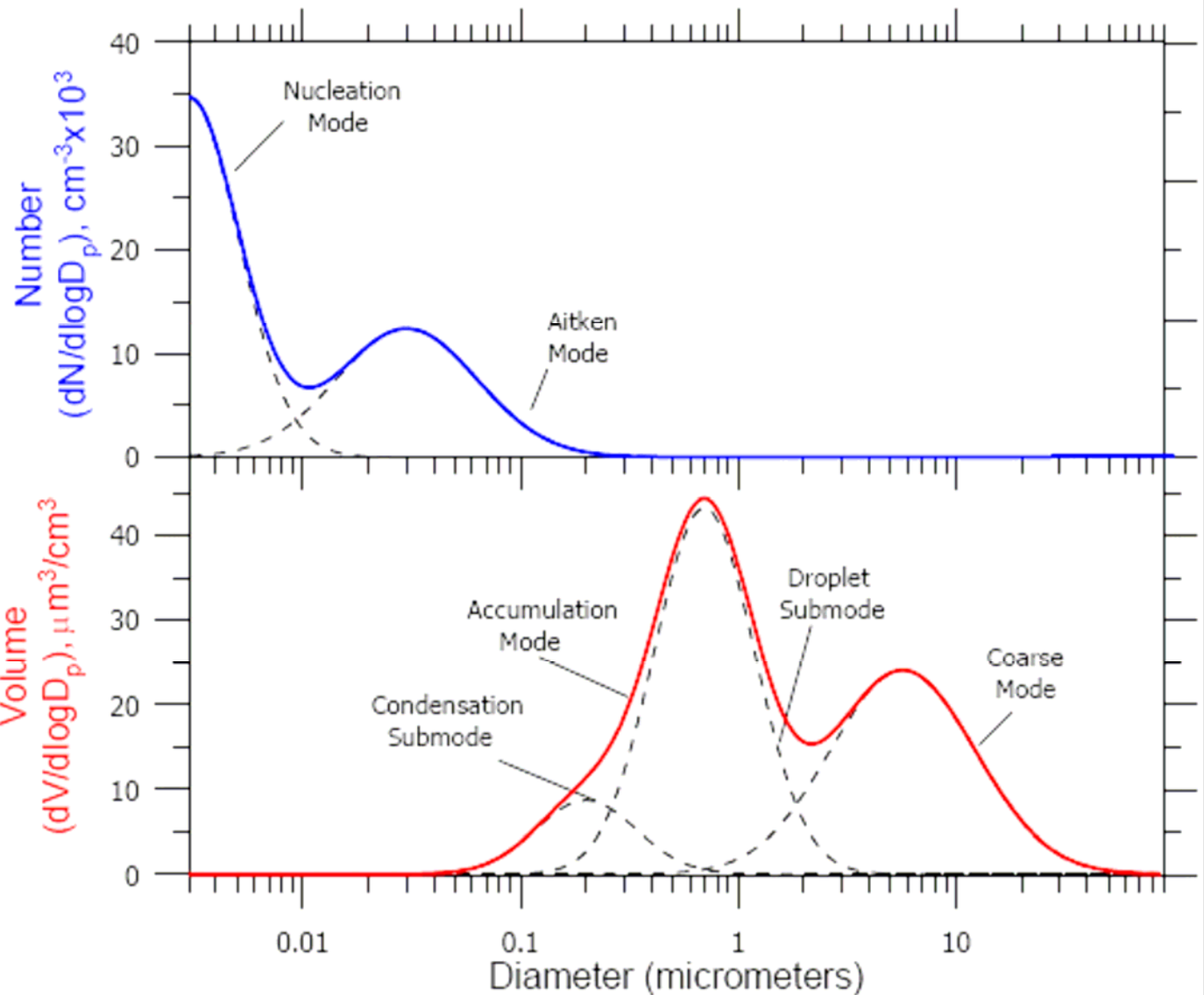
- Ammoniak verbindet sich mit Schwefelsäure zu Ammoniumsulfat oder
- mit Salpetersäure zu Ammoniumnitrat
- Bedeutung der Nitrat-Aerosole noch gering, aber eine Verdopplung der Ammoniak-Emission

Ammoniumsulfat-Aerosol



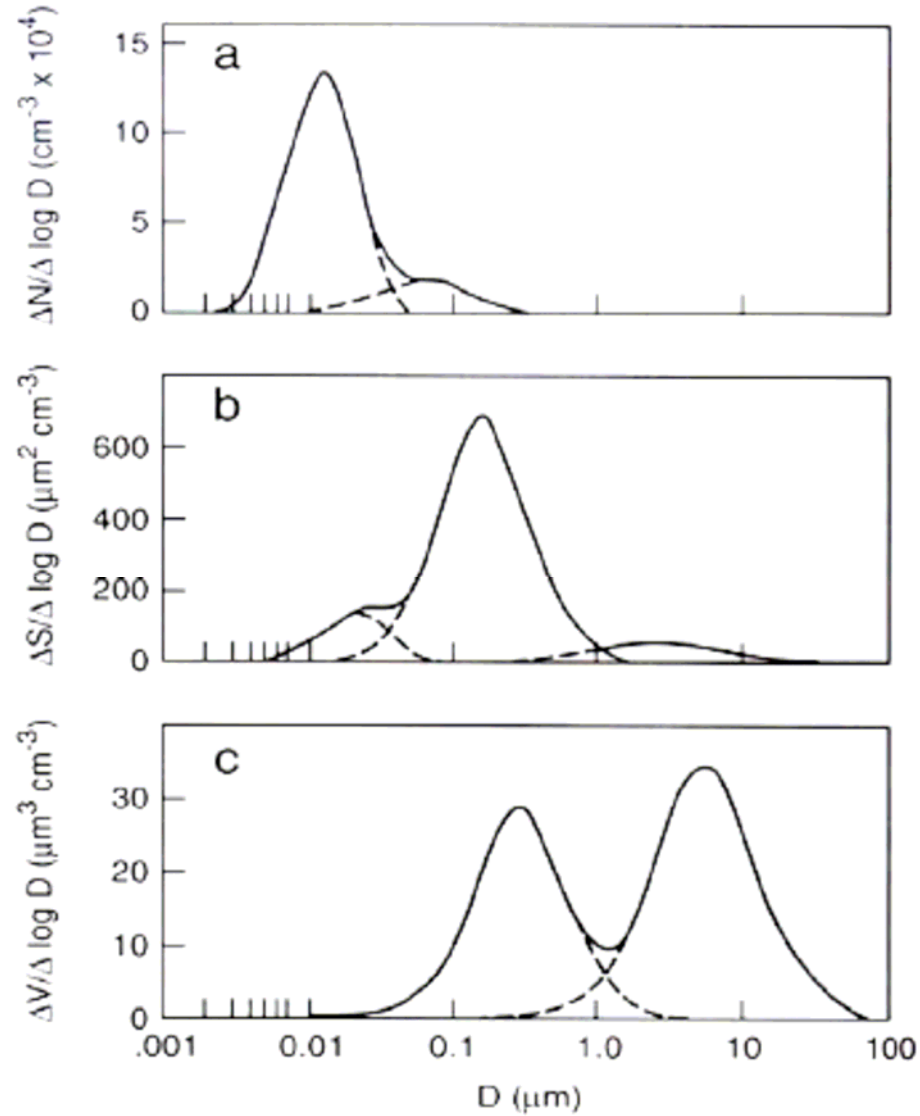


Anzahlsspektrum



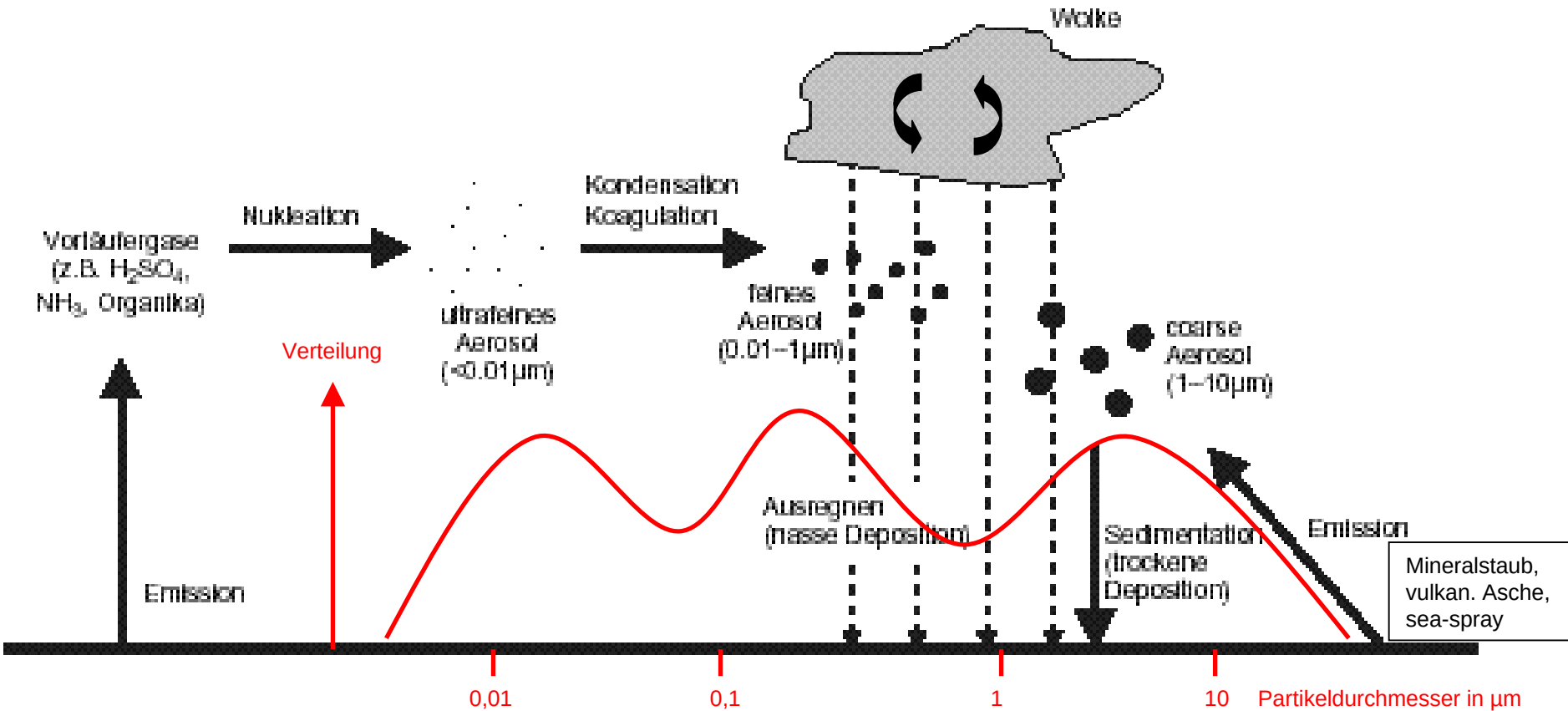
Volumenspektrum

Anzahlsspektrum

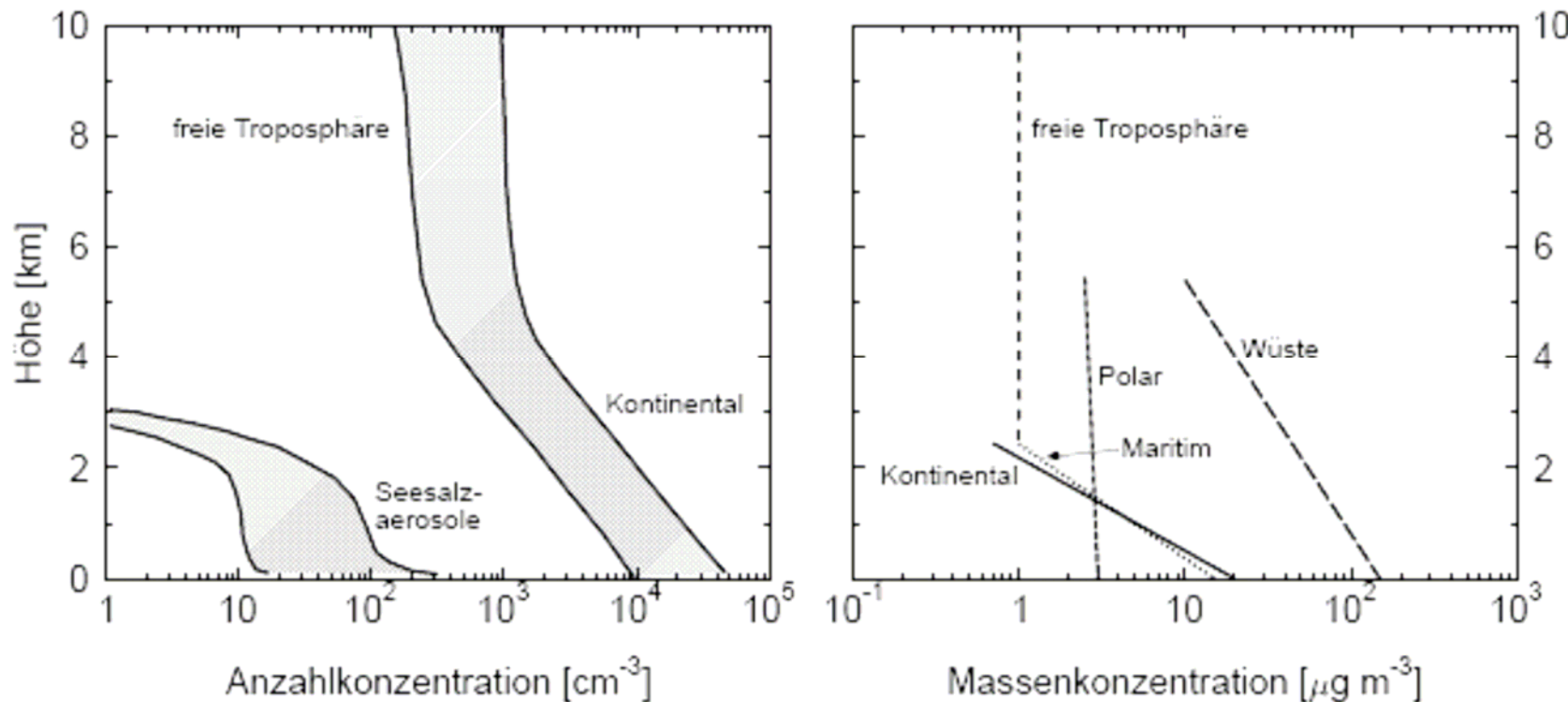


Oberflächenspektrum

Volumenspektrum



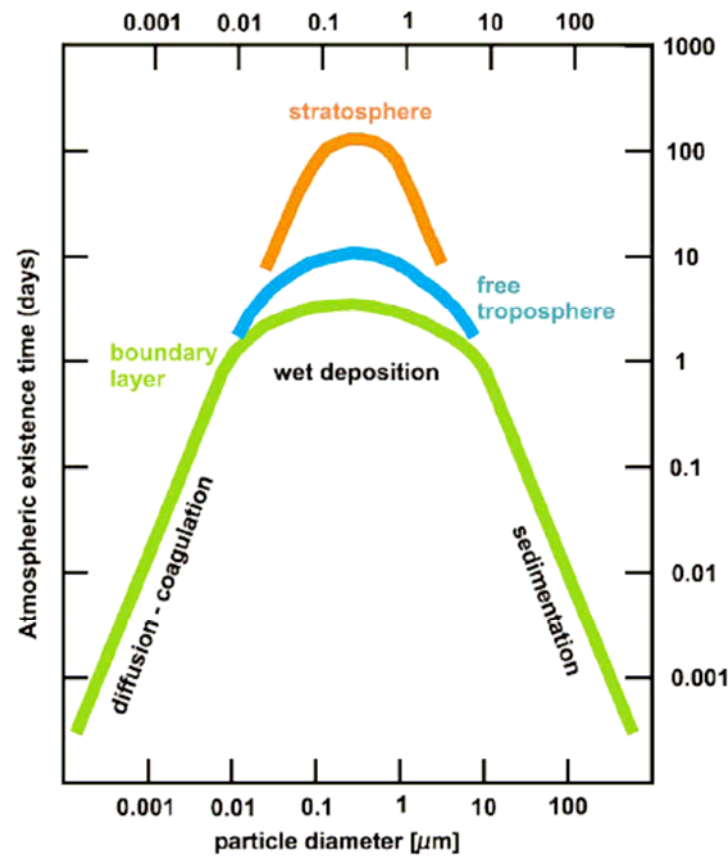
Schematische Übersicht über die wichtigsten Prozesse der Produktion, des Wachstums und des Verlust atmosphärischen Aerosols





Lebensdauer

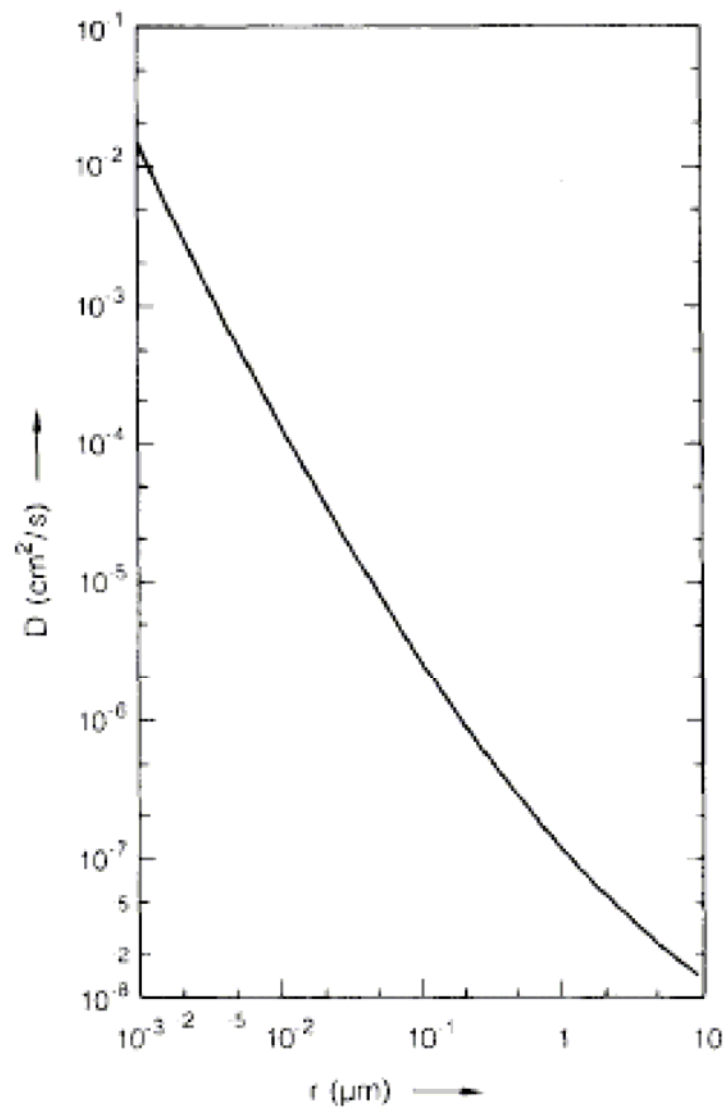
Atmosphärenchemie
WS 2005/06
Dr. R. Tuckermann





Thermische Diffusion
(Einstein-Beziehung):

$$D = kTB$$





Sedimentation

Schwerkraft:

$$F_G = Mg = \frac{4\pi}{3} r^3 \cdot \rho \cdot g$$

Stokes-Reibung:

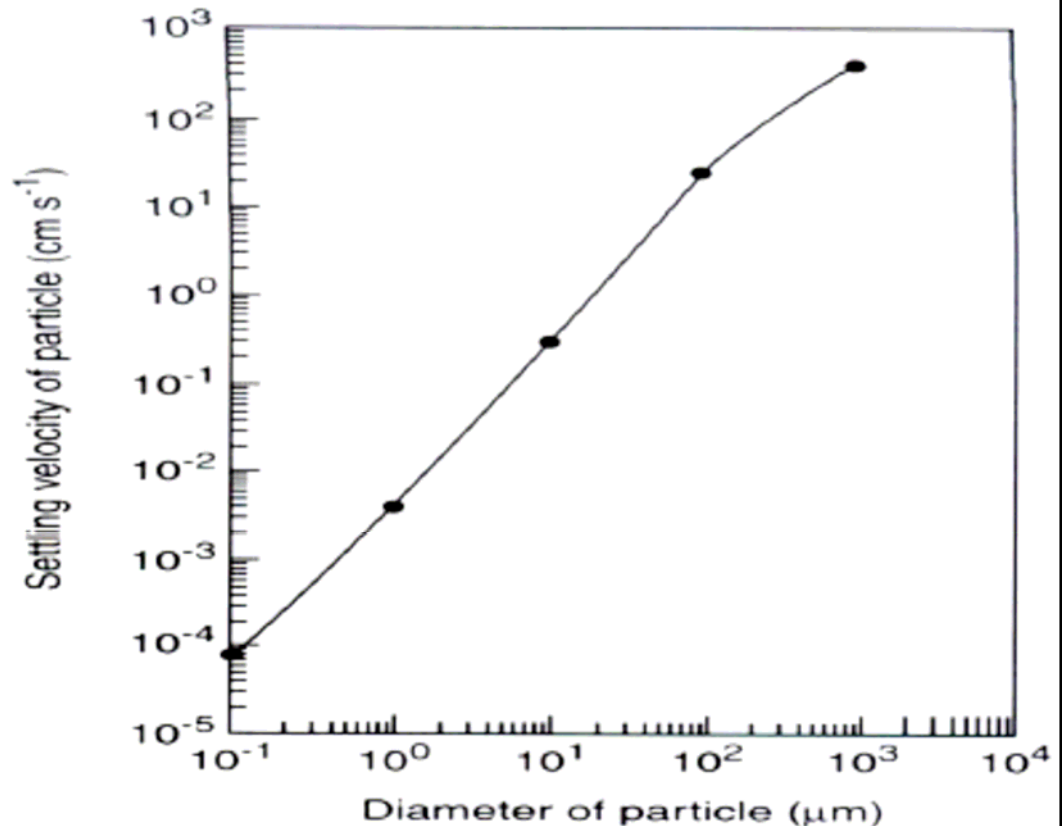
$$F_R = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

**Sedimentations-
geschwindigkeit:**

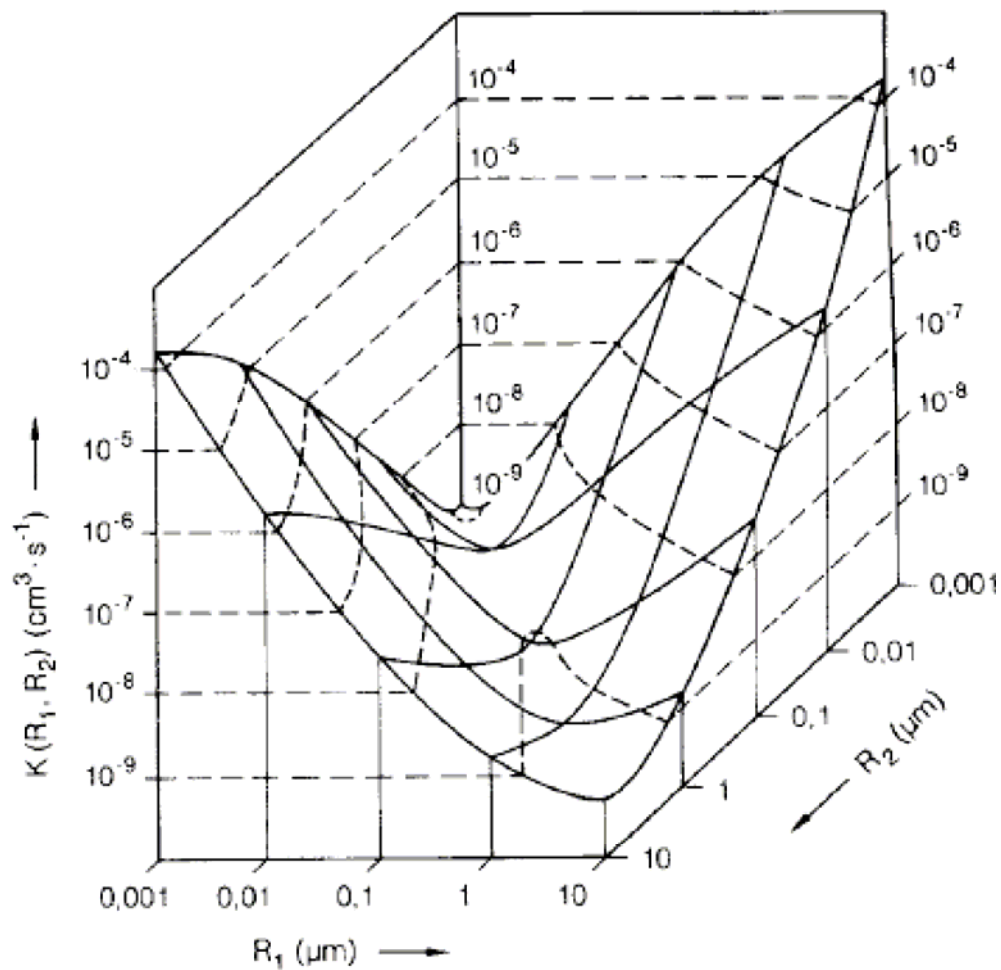
$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \rho g}{\eta}$$

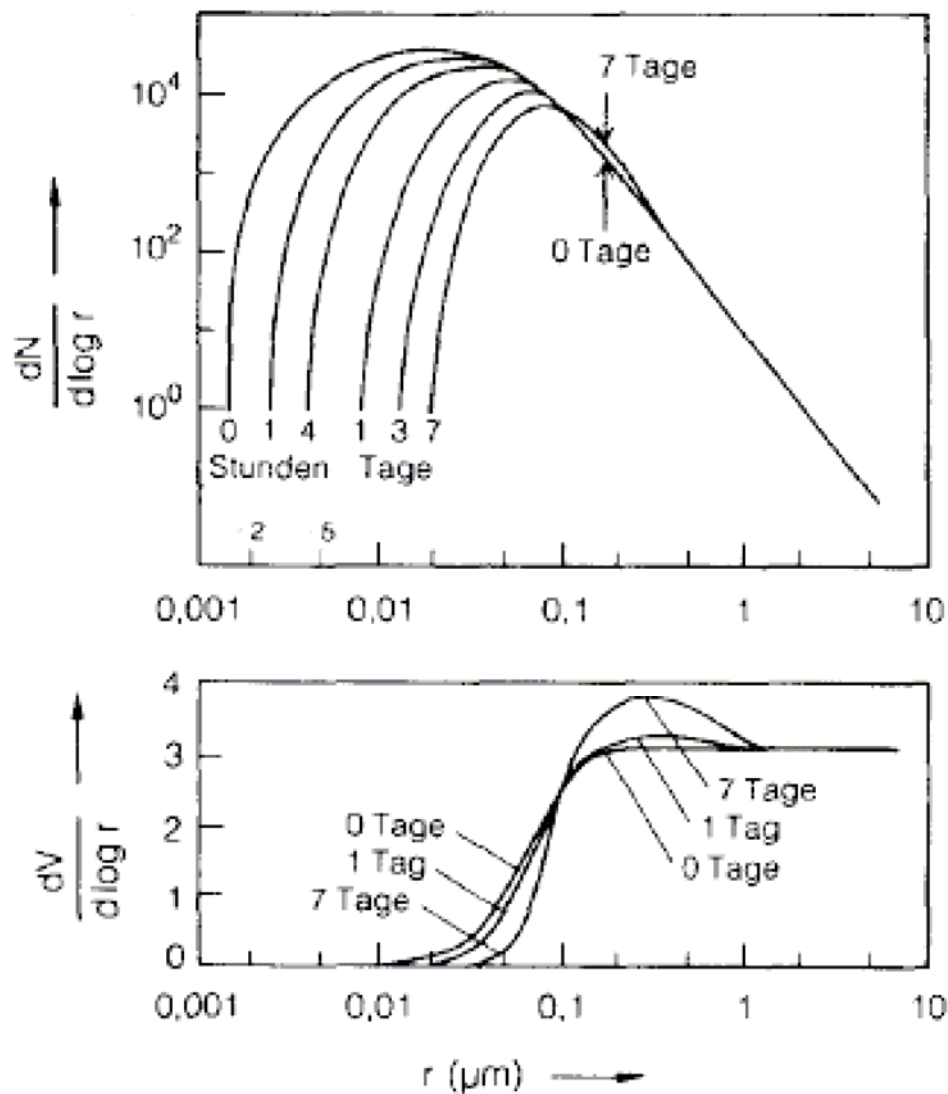
Beweglichkeit:

$$B = \frac{v}{F}$$



Sedimentationsgeschwindigkeit von Aerosolen in ruhiger Luft bei 0 °C und 1000 hPa.





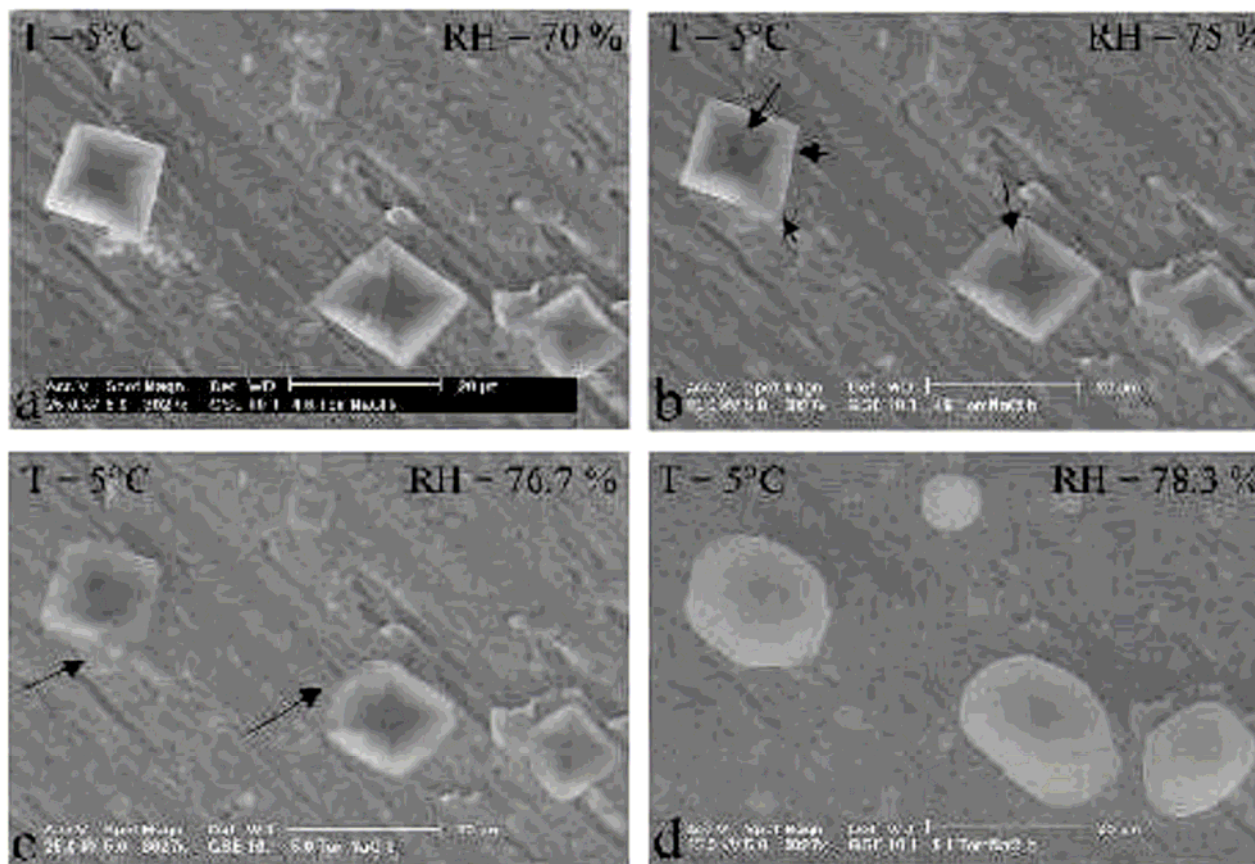
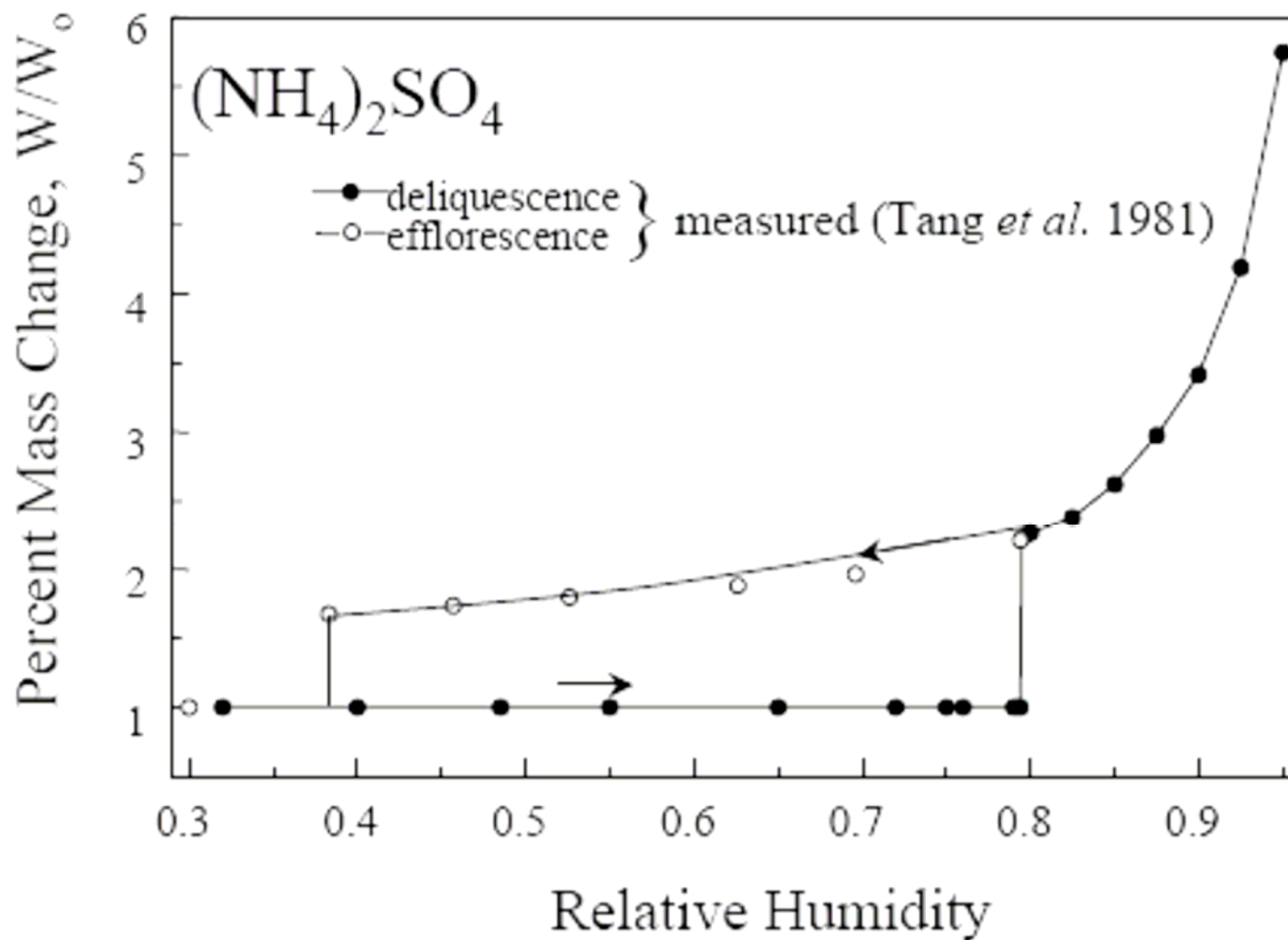
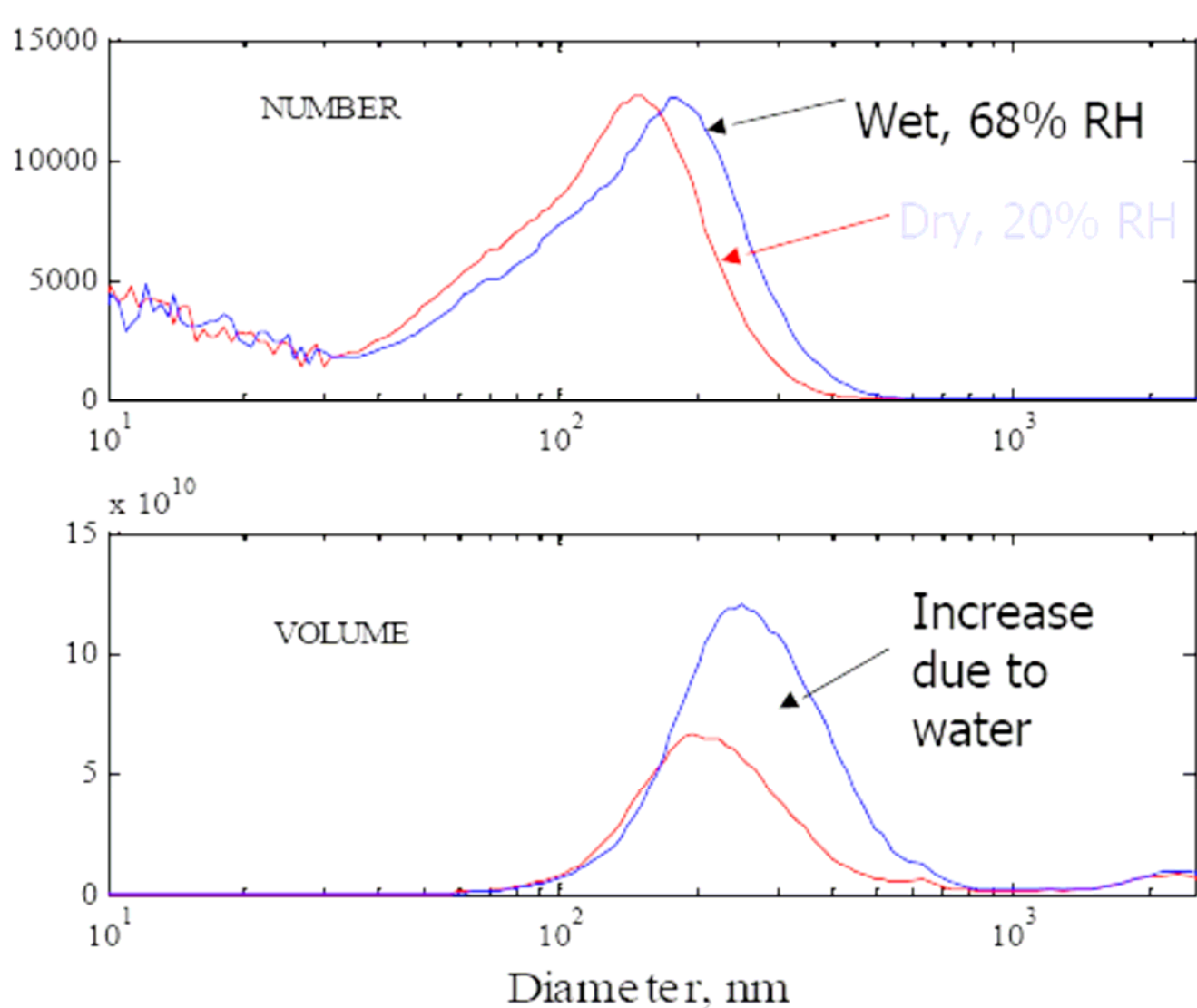
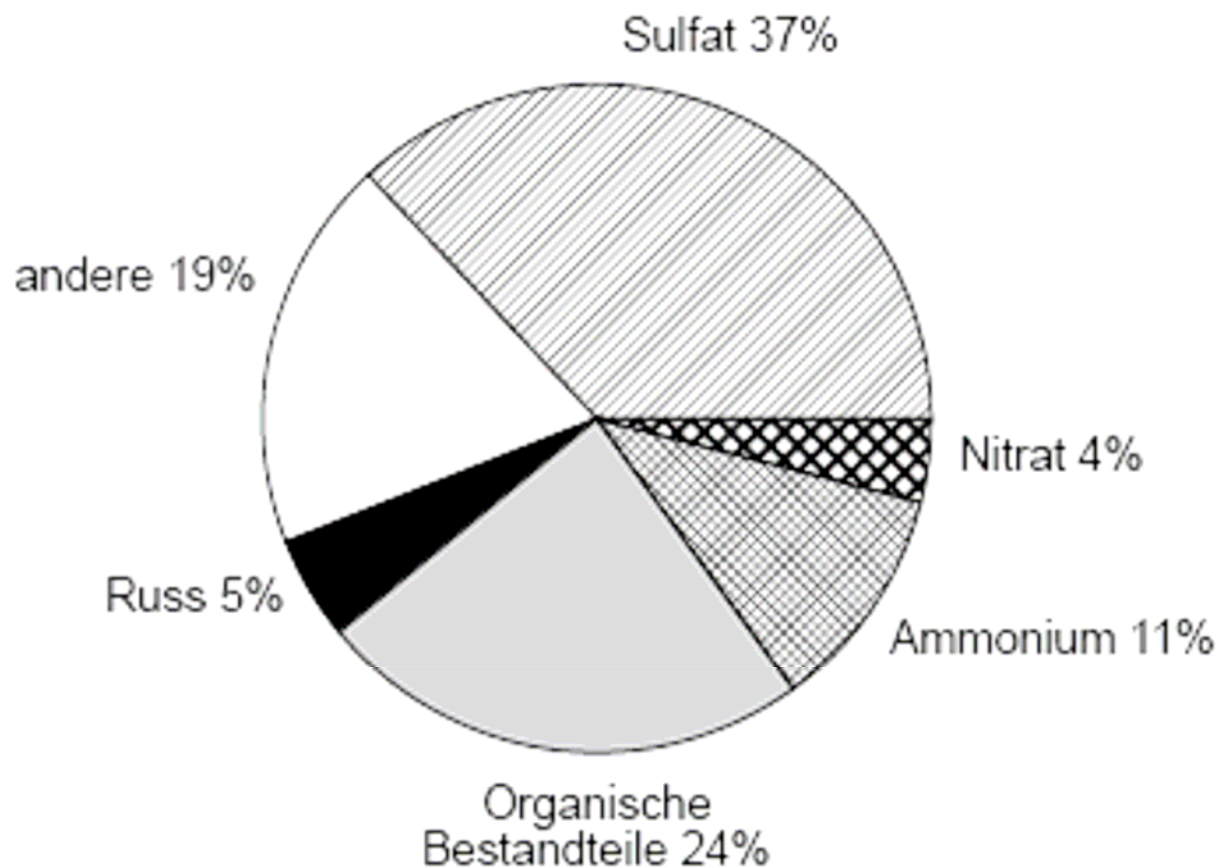


Fig. 2 Secondary electron images of the deliquescence behaviour of NaCl particles at a temperature of 5 °C: (a) Solid particles at an RH of 70%; (b) first first detectable morphological changes (arrows) directed water adsorption at an RH of 75%; (c) thin films of water (arrows) is visible on all particles at an RH of 76.7%; (d) droplet formation at an RH of 78.3%.







Typische Zusammensetzung eines feinen kontinentalen Aerosols.

Chemische Zusammensetzung ... nach Größenklassen (PM 2.5 und PM 10)

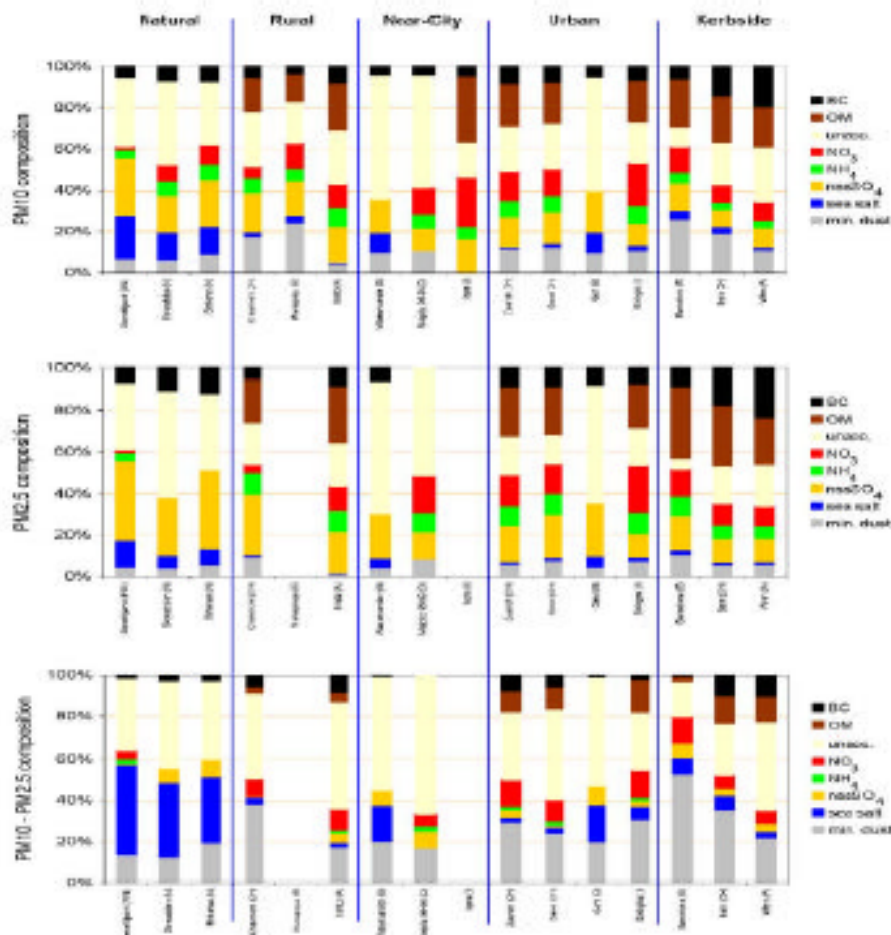


Fig. 4. Annual average chemical composition of (a) PM10, (b) PM2.5 and (c) PM10 - PM2.5.

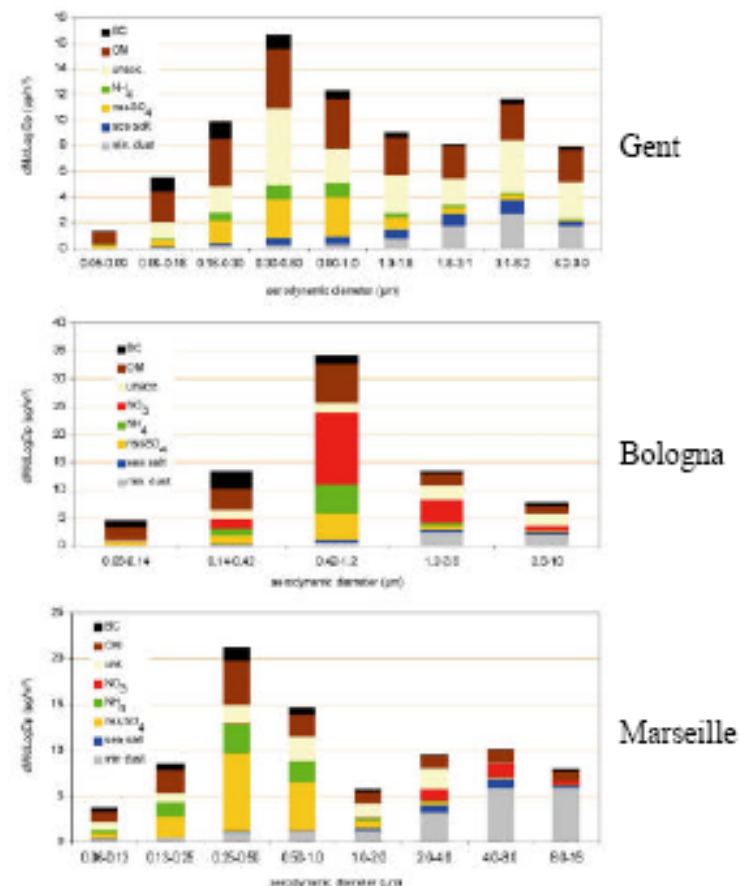


Fig. 5. Median size-segregated aerosol chemical composition observed at (a) Gent (B), (b) Bologna (I), and (c) Marseille suburb (F).

Chemische Zusammensetzung ... an ausgewählten Stationen



Fig. 1. Location of the sampling sites.

Untersuchte Komponenten:
BC, OM, NO_3 , NH_4 , nssSO_4 ,
Seesalz, Mineralstaub

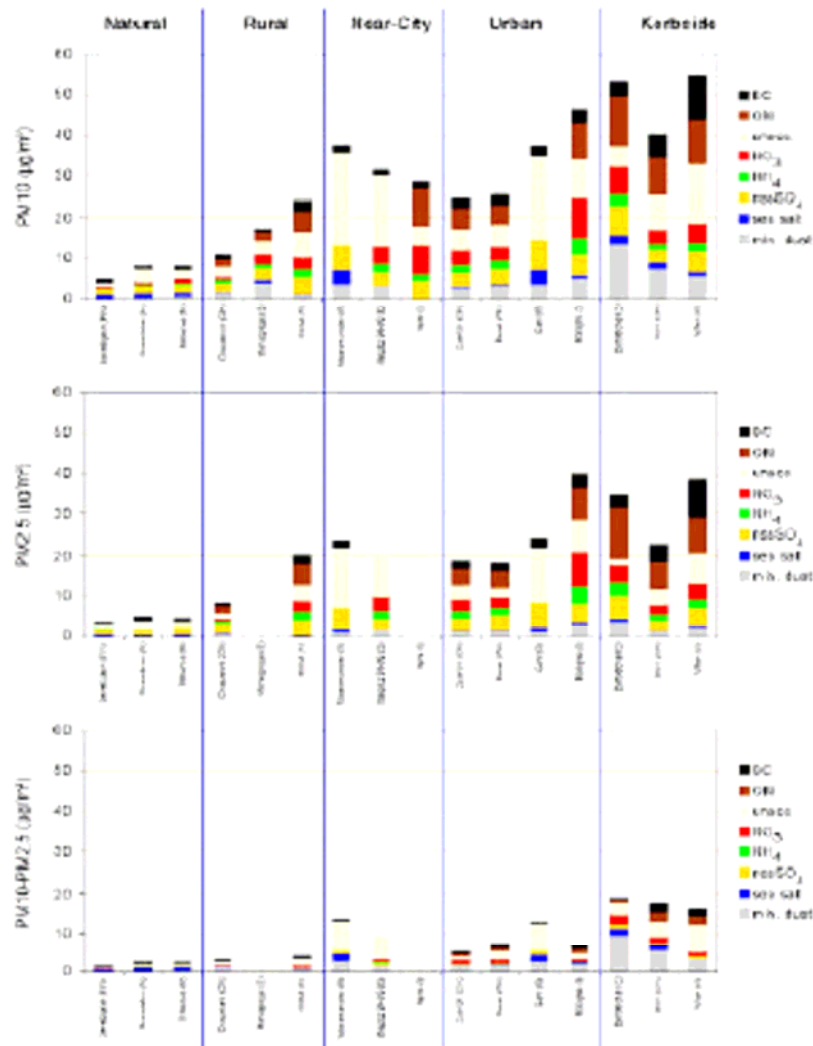


Fig. 3. Absolute annual average concentrations of the main aerosol components in (a) PM_{10} , (b) $\text{PM}_{2.5}$ and (c) $\text{PM}_{10} - \text{PM}_{2.5}$.



Atmosphärische Sichtweite als Funktion der Aerosolkonzentration (PM 2.5)

Atmosphärenchemie
WS 2005/06
Dr. R. Tuckermann



Particulate Conc. $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Particulate Conc. $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Particulate Conc. $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$



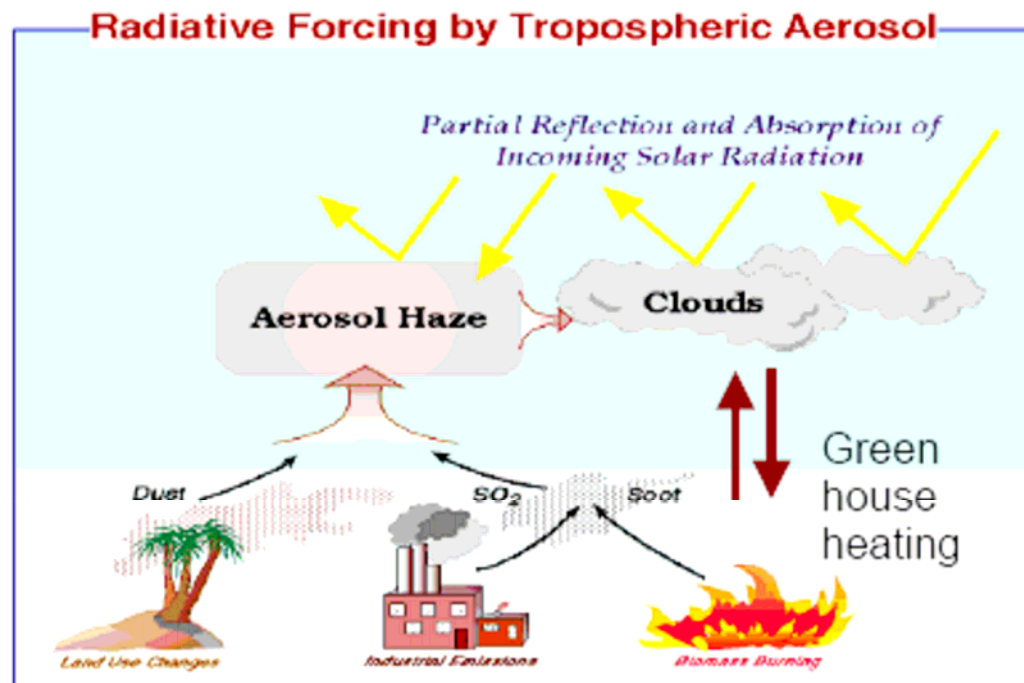
Particulate Conc. $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$

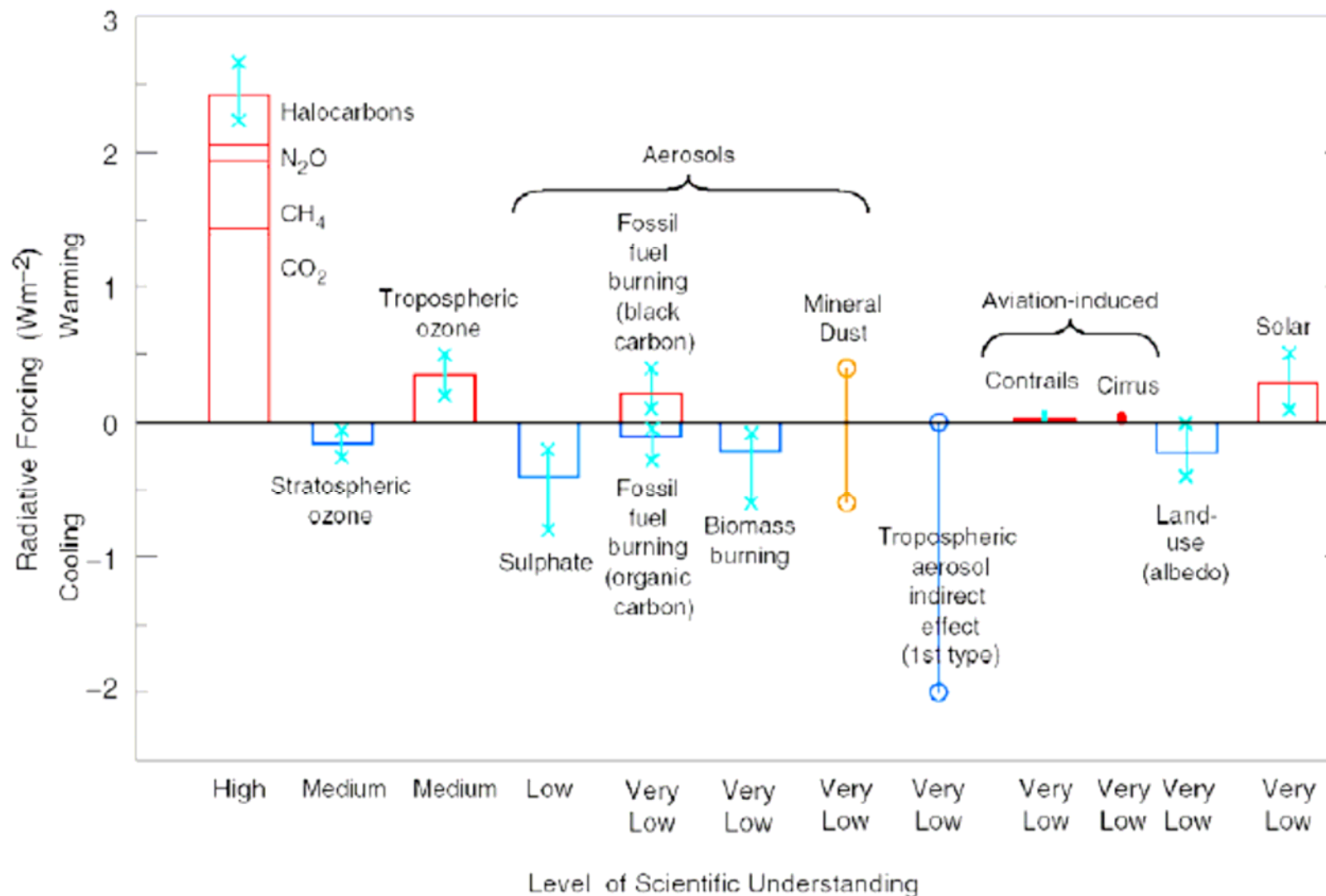
Direkte Effekte:

- Rückstreuung von solarer Einstrahlung ins Weltall (Albedo)
- Absorption von solarer und terrestrischer Strahlung (z. B. durch schwarze Rußpartikel)

Indirekte Effekte:

- Einfluss auf die Bildung/Eigenschaften von Wolken
- Einfluss auf die Konzentration klimarelevanter Spurengase durch Absorption und chemische Reaktionen an den Aerosoloberflächen





Radiative Forcing durch Spurengase und Aerosole. Die Fehlerbalken geben die Unsicherheiten an (aus IPCC-Report, 2001).

