

Übung #3, Atmosphärenphysik WS2005/2006

- (5 Punkte) Betrachte 2 Wolkentröpfchen, eines das sich auf einem Seesalzaerosol der Masse 10^{-14} g und eines das sich auf einem Ammoniumsulfatpartikel mit der gleichen Masse bei $T = 275$ K bildet. Berechne den kritischen Radius r^* und das kritische Sättigungsverhältnis S^* für jeden Tropfen. $S_1(r)$ sei das Gleichgewichts-Sättigungsverhältnis des Wolkentröpfchen, das sich auf dem Seesalzaerosol gebildet hat und $S_2(r)$ das Gleichgewichts-Sättigungsverhältnis des Wolkentröpfchen, das sich auf dem Ammoniumsulfatpartikel gebildet hat. Für $r > r_2^*$, zeige, dass $(S_2 - S_1)$ und S_2/S_1 monoton abnehmen mit zunehmenden Radius r und sich den Grenzwerten 0, bzw. 1 nähern.
- (3 Punkte) Wolkentropfen bilden sich aus Wolkenskondensationskerne bei konstanter Temperatur durch Erhöhung des Sättigungsverhältnisses. Die CCN haben alle die selbe chemische Komposition, sind aber unterschiedlicher Grösse. Die ersten Tropfen bilden sich mit kritischen Radien $r^* = 0.3 \mu\text{m}$ wenn die Übersättigung 0.3% beträgt. Weitere Tropfen bilden sich wenn die Übersättigung auf 0.8% erhöht wird. Wie gross ist der kritische Radius bei dieser Übersättigung und wie hoch ist die Temperatur?
- (12 Punkte) Die Massenkonzentration von Seesalzaerosolen [$\mu\text{g m}^{-3}$] kann als Funktion der Windgeschwindigkeit und der Höhe berechnet werden. Zwischen 1 und 300 m Höhe ist sie gegeben durch:

$$M_{ss} = 5 \cdot (6.3 \cdot 10^{-6} z)^{0.21 - 0.39 \log(u)} \quad (1)$$

wobei z die Höhe [m] und u die Windgeschwindigkeit [m/s] ist. Wenn die Windgeschwindigkeit 10 m s^{-1} beträgt, wie hoch ist die Seesalzkonzentration in 100m und in 200 m über dem Meeresspiegel?

- Konvertiere die Massenkonzentration in eine Anzahlkonzentration ausgehend davon, dass das Seesalzaerosol log-normal verteilt ist mit einer Standardabweichung $\sigma = 2.03 \mu\text{m}$ und einer Dichte $\rho_{ss} = 2200 \text{ kg m}^{-3}$:

$$N_{ss} = \frac{3M_{ss}}{4\pi r^3 \exp(4.5 \ln^2 \sigma) \rho_{ss}} \quad (2)$$

Berechne die Anzahlkonzentration für 3 Fälle:

- alles Seesalz ist im Nukleationsmodus mit einem mittleren Radius $r = 0.06 \mu\text{m}$
 - alles Seesalz ist im Akkumulationsmodus mit einem mittleren Radius $r = 0.42 \mu\text{m}$
 - alles Seesalz ist im Grobmodus mit einem mittleren Radius $r = 3.5 \mu\text{m}$
- Nun höre der Wind auf. Wielange dauert es bis das Seesalz in den 3 Moden durch trockene Deposition die Erdoberfläche erreicht? Die Fallgeschwindigkeit der Aerosole ist genährt gegeben durch:

$$v_t = \frac{2 r^2 \rho g}{9 \mu} \quad (3)$$

und die dynamische Viskosität betrage $\mu = 1.82 \cdot 10^{-5} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$

(c) Der Scavenging-Koeffizient Λ_B (s^{-1}) für Brown'sche Diffusion sei gegeben durch:

$$\Lambda_B = \frac{1.35w_L D}{\bar{r}_w^2} \quad (4)$$

wobei w_L der Flüssigwassergehalt [$g\ cm^{-3}$], \bar{r}_w der Wolkentropfenradius [cm], 1.35 ist in Einheiten $cm^3\ g^{-1}$ und beinhaltet schon die Wasserdichte und D ist die Näherung der Brown'sche Diffusivität [$cm^2\ s^{-1}$]:

$$D = \frac{kT}{6\pi\mu r} \quad (5)$$

wobei k die Boltzmann Konstante ($k = 1.381 \cdot 10^{-23}\ J\ K^{-1}$) ist.

Wie lange dauert es, bis die Hälfte aller Seesalzaerosole der 3 Grössenklassen in die Wolke diffundiert ist wenn $T = 275\ K$, $w_L = 10^{-6}\ g\ cm^{-3}$ und $\bar{r}_w = 10\ \mu m$?

(d) Interpretiere die Ergebnisse. Welcher Entfernungsmechanismus ist der schnellere?

Abgabetermin: 14. Dezember, zu Beginn der Vorlesung