

UWIS, Cloud Microphysics, Assignment 5

Thomas Kuster

23. Januar 2007

1

Gegeben:

$$\begin{aligned}d_p &= 3 \cdot 10^{-6} \text{ m Partikel Durchmesser in der Wolke} \\d_s &= 100 \cdot 10^{-6} \text{ m Partikel Durchmesser des abgeworfenen} \\N &= 100 \# \text{ cm}^{-3} = 10^8 \# \text{ m}^{-3} \\h &= 1000 \text{ m} \\ \varrho &= 1000 \text{ kg m}^{-3}\end{aligned}$$

Annahme nur 'stable collision' keine 'break-ups'.

1.1 Experiment 2 (Keine Nukleation)

$\frac{d_p}{d_s}$ ist klein, dadurch ist der Massenzuwachs auf Grund von Kollision (mit kleinen Partikeln) klein.

Aus d_p und d_s folgt aus dem Graph im Skript (Seite 8 von 24) ein E von 0.12 (vor dem Wachsen) bis 0.2 (nach dem Wachsen).

$$E = \frac{y_c^2}{(r_p + r_s)^2}$$

$$\Rightarrow y_c = \sqrt{E(r_p + r_s)^2} = \sqrt{0.16(1.5 \cdot 10^{-6} + 50 \cdot 10^{-6})^2} = 2.06 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Volumen des Zylinder mit Radius y_c :

$$(2.06 \cdot 10^{-5})^2 \pi \cdot 1000 \text{ m} = 1.3310^{-6} \text{ m}^3$$

Masse auf Grund der Partikel im Zylinder:

$$1.33 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 10^8 \# \text{ m}^3 \cdot \frac{4}{3} \pi r_p^3 \varrho = 1.88 \cdot 10^{-9} \text{ g}$$

Der Zuwachs ist in diesem Experiment allerdings 10^{-8} g. Der berechnete Wert liegt nur eine Größenordnung unterhalb diesem Wert. E wurde nur grob auf Grund des Graphen geschätzt und es wurde auch davon ausgegangen, dass nur Kollisionsprozesse stattfinden. Die Differenz kann mit den nicht berücksichtigten Diffusionsprozessen erklärt werden.

1.2 Experiment 1 (Nukleation)

Der Massenzuwachs erfolgt auf Grund von Nukleation, da der Partikel eine günstige Form (ähnlich einem Eiskristall) aufweist. Der Partikel kann weiter wachsen auf Kosten von Wassertropfen (Bergeron-Findeisen-Prozess). Dieser Prozess ist viel effizienter, als Kollisions- und Koaleszenz-Prozesse. Der Massenzuwachs ist auf Grund dieser Tatsache viel grösser als im Experiment 2. Die trotzdem stattfindenden Kollisions-Prozesse sind auf Grund der schnell zunehmenden Partikelgrösse ebenfalls effizienter als im Experiment 2.

2

Alle Tropfen werden durch die Kondensation von Wasser etwa gleich gross (Tropfenspektrum wird schärfer), da kleine Partikel schneller wachsen als grosse. Da alle Tropfen gleich gross sind, fallen sie alle gleich schnell (gleiche Sinkgeschwindigkeit). Dadurch ist eine Kollision miteinander schlecht möglich.

Kleine Tropfen haben eine kleine Kollisionsquerschnittsfläche und somit auch eine kleine Chance zu kollidieren. Turbulenz führt trotzdem zu Kollision, dieser Effekt ist jedoch gering. Niederschlag benötigt Tropfen (Regentropfen) mit einem Durchmesser von etwa 2 mm. Die Partikel haben eine Grösse von 50 nm – 500 nm, ohne einen wirksamen Massenzuwachsmechanismus können diese Partikel nicht die Grösse von Regentropfen erreichen (Kollision verursacht durch Turbulenz kommt selten vor und der Grössenzuwachs verursacht durch Diffusion ist zu gering).

Sobald jedoch ein Tropfen grösser ist, ist dies alles nicht mehr der Fall. Dieser grössere Tropfen kann sehr effizient andere aufnehmen (höhere Sinkgeschwindigkeit führt zu mehr Kollisionen, zudem ist der Wirkungsquerschnitt grösser). In der Natur gibt es immer einige Partikel die grösser sind, wodurch eine effiziente Regentropfenbildung möglich ist (siehe Aufgabe 3).

3

Wie in Aufgabe 2 erwähnt sind grosse Partikel für die Niederschlagsbildung wichtig. Diese grossen Aerosolpartikel, welche als Wolken Kondensationskeime (Cloud Condensation Nuclei (CCN)) dienen, sammeln viel Masse durch Kollision mit kleineren Partikeln ein (höhere Sinkgeschwindigkeit, grösserer Wirkungsquerschnitt). Um sie von den anderen CCN zu unterscheiden werden sie Giant CCN (GCCN) genannt. GCCN sind $1.0 \mu\text{m}$ im Durchmesser (es existiert keine genaue Definition von GCCNs) (Feingold u. a., 1999). Die Quelle für solche GCCN können marin sein (z. B. Meersalz) oder auch terrestrisch (z. B. Mineralstaub, Pflanzenteile) (Exton u. a., 1985 und Rudich u. a., 2002). Die Konzentration von GCCN ist sehr klein ($10^{-4} - 10^{-2} \text{ cm}^{-3}$),

aktuelle Studien zeigen, dass die GCCN einen grossen Einfluss auf die Bildung von Wolken und deren Wahrscheinlichkeit auszuregnen haben (Feingold u. a., 1996 und Johnson, 1982).

GCCN können auch die Lebensdauer von Wolken verändern und somit einen Einfluss auf den Albedo der Erde haben und dadurch einen Einfluss auf das Klima (Feingold u. a., 1999).

Nicht jedes grosse Aerosol Partikel ist fähig als GCCN zu agieren, dies hängt stark von der Fähigkeit ab Wasser aufzunehmen und somit von der Oberflächenbeschaffenheit des Partikels (Medina und Nenes, 2004).

Literatur

- [Exton u. a. 1985] EXTON, H. J. ; LATHAM, J. ; PARK, P.M. ; PERRY, S. J. ; SMITH, M. H. ; ALLAN, R. R.: The production and dispersal of marine aerosol. In: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 111 (1985), Juli, Nr. 469, S. 817–837. – URL <http://www.ingentaconnect.com/content/rms/qjrms/1985/00000111/00000469/art00008>
- [Feingold u. a. 1996] FEINGOLD, G. ; COTTON, W. R. ; STEVENS, B. ; FRISCH, A. S.: The Relationship between Drop In-Cloud Residence Time and Drizzle Production in Numerically Simulated Stratocumulus Clouds. In: *Journal of Atmospheric Sciences* 53 (1996), April, S. 1108–1122
- [Feingold u. a. 1999] FEINGOLD, Graham ; COTTON, William R. ; KREIDENWEIS, Sonia M. ; DAVIS, Janel T.: The Impact of Giant Cloud Condensation Nuclei on Drizzle Formation in Stratocumulus: Implications for Cloud Radiative Properties. In: *Journal of the Atmospheric Sciences* 56 (1999), Dezember, S. 4100–4117. – URL [http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-document&doi=10.1175%2F1520-0469\(1999\)056%3C4100%3ATI0GCC%3E2.0.CO%3B2](http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-document&doi=10.1175%2F1520-0469(1999)056%3C4100%3ATI0GCC%3E2.0.CO%3B2)
- [Johnson 1982] JOHNSON, D. B.: The Role of Giant and Ultragiant Aerosol Particles in Warm Rain Initiation. In: *Journal of Atmospheric Sciences* 39 (1982), Februar, S. 448–460
- [Medina und Nenes 2004] MEDINA, J. ; NENES, A.: Effects of film-forming compounds on the growth of giant cloud condensation nuclei: Implications for cloud microphysics and the aerosol indirect effect. In: *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 109 (2004), Oktober, S. 20207–+
- [Rudich u. a. 2002] RUDICH, Y. ; KHERSONSKY, O. ; ROSENFELD, D.: Treating clouds with a grain of salt. In: *American Geophysical Union, Washington* 29 (2002), November, S. 17–1