

Home
Arbeit-Treibhauseffekt
Forum
Gästebuch
Impressum

5. Aerosole

5.1. Entstehung von Aerosolen

Aerosole sind feste (griechisch: sol) und/oder flüssige Teilchen, die in der Luft (griechisch: aero) schweben. Ihre Größe reicht von wenigen Nanometern bis hin zu einigen Millimetern. Diese können durch natürliche und zivilisatorische Prozesse freigesetzt werden. Natürliche Aerosole sind z. B. Nebeltröpfchen, Mineralstaub, der bei Erosionsprozessen entsteht, Bakterien und Pflanzenpollen sowie Seesalzteilchen über Meeren und Ozeanen. Bei Vulkaneruptionen werden besonders große Mengen von diesen Kleinstpartikeln, wie z. B. Asche und Schwefeldioxid, ausgestoßen. Durch den Menschen verursachte Aerosole sind meist Schadstoffe, wie z. B. Staub in der Raumluft, Zigarettenqualm und durch Industrie und Verkehr verursachte Rauch-, Asche- und Rußpartikel, die die Luft verunreinigen. Diese Kleinstteilchen können den Menschen gesundheitlich schädigen, indem sie z. B. das Krebsrisiko erhöhen. Deshalb setzt sich die deutsche Bundesregierung für den Einbau von Rußpartikelfiltern in Dieselfahrzeugen ein, um das Krebsrisiko zu vermindern. Aber man kann die Eigenschaften der Aerosole auch zu therapeutischen Zwecken verwenden. Kuren in Küstengebieten mit salzhaltiger Luft dienen u. a. zur Erholung der Atemwege. In einer Höhe von 10 km beträgt die Aerosol-Konzentration nur noch das Zehntausendstel des Bodenwertes von etwa $2 \cdot 10^{-6}$ kg pro kg Luft, die an der Wolkenbildung mit beteiligt ist. Trotz dieser geringen Konzentration beeinflussen die Aerosole die Strahlungsbilanz.

5.2. Wirkung von Aerosolen

Diese Partikel können die Atmosphäre erwärmen aber auch abkühlen. Aerosole, z. B. Abgase aus Industrieanlagen, reflektieren die Sonnenstrahlen zurück in den Weltraum und verringern damit die Erdoberflächenerwärmung. Andererseits können Aerosole die Strahlung auch absorbieren und sich in der Folge erwärmen. Dadurch können Wolken verdampfen und mehr Solarstrahlung erreicht die Erde und erwärmt somit den Himmelskörper.

5.3. Wolkenbildung

Nach heutigen Erkenntnissen, wäre für die Bildung von Wassertröpfchen ohne Aerosole eine um sechs mal höhere Masse von Wasser in einem m^3 Luft nötig, als mit Aerosolen. Aufgrund der vorhandenen Aerosol-Konzentration muss allerdings nicht eine solch hohe absolute Luftfeuchte in der Luft vorhanden sein, da das Wasser nur noch auf der Oberfläche der Teilchen zu kondensieren braucht. Man nennt diese Teilchen auch Kondensationskeime. Die Wasserteilchen bzw. der Wasserdampf setzt sich an den "Wolkenbildnern" fest und es bilden sich Tröpfchen. Diese bilden in ihrer Vielzahl dann die Wolken.

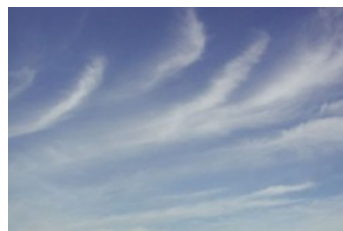


Abb. 5-1: Cirrus-Wolken¹

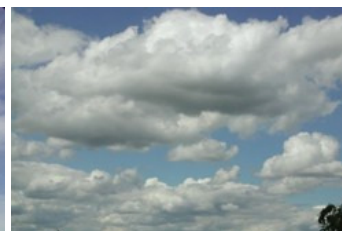


Abb. 5-2: Cumulus-Wolken²

5.4. Temperatureinflüsse der Wolken

Ulrich Schumann, Direktor am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen bei München, erklärt im Magazin "Der Spiegel" in der Ausgabe 35 vom 23. August 2004, dass man noch nicht einmal wüsste, ob Wolken in der Gesamtheit den Treibhauseffekt verstärken oder die Erde abkühlen. Es ist bis jetzt nur bekannt, dass hohe Cirrus-Wolken zu einer Erwärmung führen, da diese die Sonnenstrahlen größtenteils durchlassen und die von der Erde zurückgeworfene Wärmestrahlung durch die Eiskristalle reflektiert wird und somit den Planeten aufheizt. Hingegen führen niedrig hängende Cumulus-Wolken zu einer Abkühlung, da die feinen Wassertröpfchen die Sonnenstrahlen sofort ins All zurückwerfen. Man kann zwar heute vieles an leistungsstarken Computern simulieren lassen, aber da die Wolken mit ihren vielfältigen Faktoren, wie z. B. Lufttemperatur, Luftfeuchte und Aerosoldichte, so ein komplexes System darstellen, kann man keine genaue Angaben über ihren Einfluss auf die Temperatur machen.

5.5. Kosmische Strahlung

Der Einfluss der kosmischen Strahlung der Erde ändert sich antizyklisch zur Sonnenaktivität (Punkt 6.1.). Wenn die Sonne sehr aktiv ist, dann verringert sich die kosmische Strahlung, da diese durch das interplanetare Magnetfeld abgeschirmt wird. Damit bilden sich weniger Kondensationskeime und folglich weniger Wolken. Man weiß nicht, in wieweit diese Strahlung die Wolkenbildung fördert bzw. hemmt. Nach den Forschern sollen die energiereichen Teilchen der kosmischen Strahlung "Keime" erzeugen, an denen der Wasserdampf kondensiert und sich dadurch Wolken bilden. Man hat die kosmische Strahlung seit 1980 und die Wolkenbedeckung seit 1984 gemessen und miteinander verglichen, wobei man beeindruckende Zusammenhänge zwischen den zwei Größen feststellte, aber nach den folgenden Diagrammen nur für tiefliegend-abkühlend wirkende Cumulus-Wolken zutreffen. Da diese die einfallende Sonnenstrahlung reflektieren, führt die Abnahme ihres Bedeckungsgrads zu einer erhöhten Temperatur. Man kann nicht erkennen, ob es zwischen den Cirrus-Wolken und der kosmischen Strahlung einen Zusammenhang gibt. Allerdings könnte es sein, dass auf Grund der relativ kurzen Beobachtungszeit auch der Zusammenhang zwischen abkühlend wirkenden Cumulus-Wolken und der kosmischen Strahlung nur Zufall ist. Neuere Forschungsergebnisse könnten Sicherheit bringen.

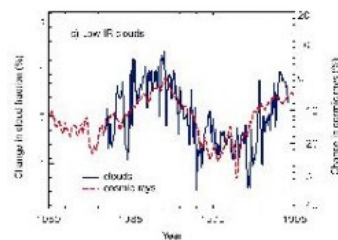


Abb. 5-3:
Wolkenbedeckungsgrad
tiefliegende Cumulus-Wolken³

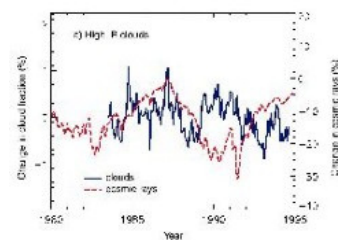


Abb. 5-4:
Wolkenbedeckungsgrad
hochliegende Cirrus-Wolken⁴

5.6. Vulkanismus

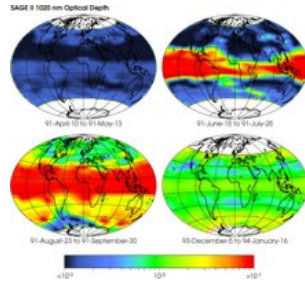


Abb. 5-5: Ausbreitung der Aerosole vor dem Ausbruch des Pinatubo im April und Mai 1991 (links oben); während der Eruptionsphase (rechts oben, links unten); globale Ausbreitung von Aerosolen im Januar 1994 (rechts unten)⁵

Wie weiter oben im Text schon erwähnt, werden große Massen von Aerosolteilchen durch Vulkanausbrüche freigesetzt. Mit dem Ausbruch des Pinatubo auf den Philippinen im Juni 1991 ist den Menschen wieder bewusst geworden, dass große Vulkaneruptionen Einfluss auf das Klima haben können. Dieser Vulkanausbruch hatte eine globale Temperaturabsenkung von ca. 0,5 K zur Folge. Damit aber eine globale Temperaturänderung eintritt, muss der Ausbruch in der Nähe des Äquators sein, da nur dann die Ascheteilchen durch die Zirkulation in der Stratosphäre auf der ganzen Welt verteilt werden können (siehe Abb. 5-5). Jedoch gab es auch schon verheerendere Vulkanausbrüche, wie z. B. der Ausbruch des Tambora 1815, der das "Jahr ohne Sommer" (1816) einleitete. Dieses Jahr ist das Kälteste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Missernten und Hungersnöte waren weltweit die Folge. Als Hauptursache für die Abkühlung gibt man das durch die Eruption ausgestoßene Schwefeldioxid SO₂ an. Hinzukommen abkühlende Asche- und Rußpartikel.



Abb. 5-6: Ausbruch des Pinatubo im Juni 1991⁶



Abb. 5-7: Landschaft während des Ausbruch des Pinatubo⁷

5.7. Schwefeldioxid

Besonders bei Vulkanausbrüchen werden riesige Mengen von Schwefeldioxid ausgestoßen. Diese Sulfataerosole produzieren einen negativen Strahlungsantrieb, weshalb es nach größeren vulkanischen Eruptionen zu einer Abkühlung kommt. Neben den Sulfataerosolen führt auch die Trübung der Erdatmosphäre, verursacht durch Ascheteilchen, zu einem Temperaturabfall in den betroffenen Regionen. In der folgenden Tabelle 5-1 sind die größten Ausbrüche der letzten Jahrhunderte dokumentiert.

Vulkan	Jahr	Explosivität	Trübung	SO ₂ (Mt)
Laki-Spalte, Island	1783	4	2300	100*
Tambora, Indonesien	1815	7	3000	130*
Cosiguina, Nicaragua	1835	5	4000	
Askja, Island	1875	5	1900	
Krakatau, Indonesien	1883	6	1000	32*
Tarawera, Neuseeland	1886	5	800	
Santa Maria, Guatemala	1902	6	600	13*
Ksudach, Kamchatka	1907	5	500	
Katmai, Alaska	1912	6	500	12*
Agung, Indonesien	1963	4	800	5-13*
St. Helens, USA	1980	5	500	1
El Chichón, Mexiko	1982	5	800	7
Pinatubo, Philippinen	1991	6	1000	16-20

Tabelle 1: Die größten Vulkanausbrüche der letzten 230 Jahre, ihre Explosivität (1-8), atmosphärische Trübung gemittelt auf die Krakatau-Eruption (1883) und gemessene bzw. aus geologischen Befunden geschätzte SO₂-Emissionen. Vor allem die SO₂-Emissionen sind extrem unsicher!

Tabelle 5-1: größten Ausbrüche der letzten Jahrhunderte⁸

Die USA und Europa emittierten seit Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts immer mehr Schwefeldioxid, welches bei der Verbrennung schwefelhaltiger fossiler Energieträger entsteht. Das Schwefeldioxid (SO_2) reagiert erst mit Sauerstoff (O_2) und danach mit Wasser (H_2O) zu Schwefelsäure (H_2SO_4).

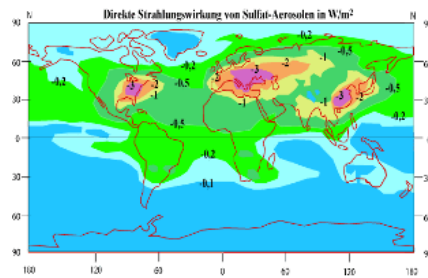
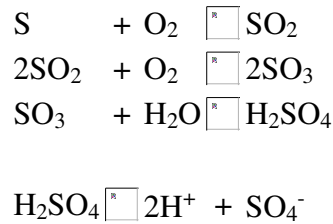


Abb. 5-8: Strahlungswirkung im Jahr 1990 relativ zu 1850⁹

In den Industriegebieten Europas, Nordamerikas und Ostasiens ist eine erhöhte Sulfat-Konzentration zu verzeichnen.

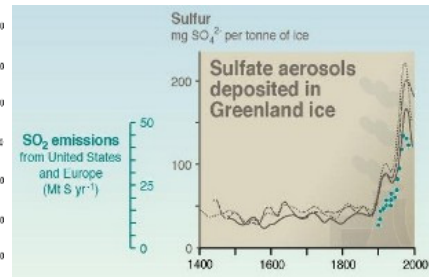


Abb. 5-9: Sulfat-Emissionen der USA und Europas seit 1400¹⁰

1	http://www.wolkengalerie.de/wg-pictures/g/4.jpg	zurück
2	http://www.wolkengalerie.de/wg-pictures/g/267.jpg	zurück
3	http://www.linmpi.mpg.de/~msch/klima.ppt	zurück
4	http://www.linmpi.mpg.de/~msch/klima.ppt	zurück
5	http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/Images/sage_pinatubo.jpg	zurück
6	http://www.paranormal.de/hp/hlamprecht/ka-8.htm	zurück
7	http://www.paranormal.de/hp/hlamprecht/ka-8.htm	zurück
8	vorlesung[10]1.ppt (genaue Internatadresse unbekannt)	zurück
9	http://lbs.hh.schule.de/klima/klimawandel/treibhausgas/aerosole/sulfatwirkung.gif	zurück
10	Ausschnitt aus: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/slides/large/02.01.jpg	zurück