

Wolkenbildung

- Kondensation; Kelvin-Effekt
- Kondensation an Kondensationskeimen, Raoultsches Gesetz, Köhler Kurve
- Nukleation von Eispartikel
- Kollision und Koaleszenz

Globaler Wasserkreislauf

Klimazonen

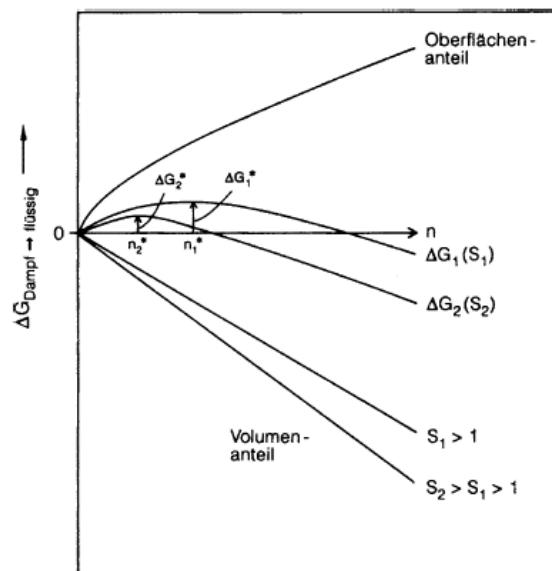


Abb. 5.1 Schematische Darstellung der Abhängigkeit von ΔG von der Zahl n der in einem Tröpfchen kondensierenden Moleküle

Abb. 5.2 Für das Gleichgewicht über der Oberfläche kleiner Tröpfchen notwendige Wasserdampfübersättigung, in %, als Funktion des Tröpfchenradius, dargestellt als Abweichung von 100%

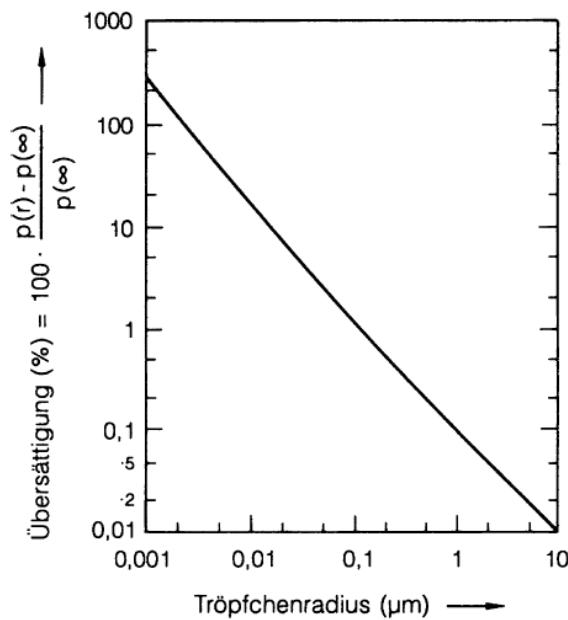


Abb. 5.3 Rate der homogenen Kondensation (Nukleation) in reinem Wasserdampf von 0°C als Funktion der Übersättigung

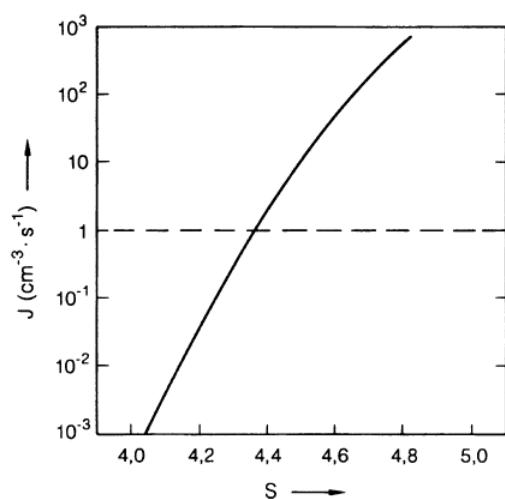


Abb. 5.4 Zusammenhang zwischen der Temperatur und der für das Einsetzen homogener Kondensation erforderlichen Übersättigung

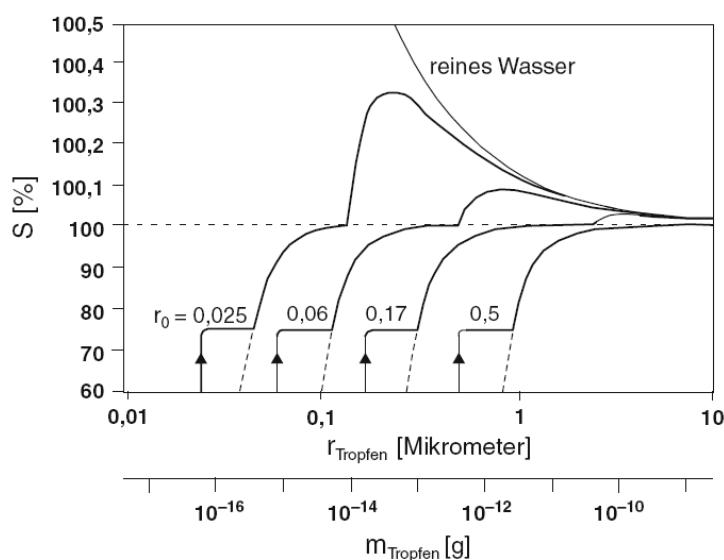
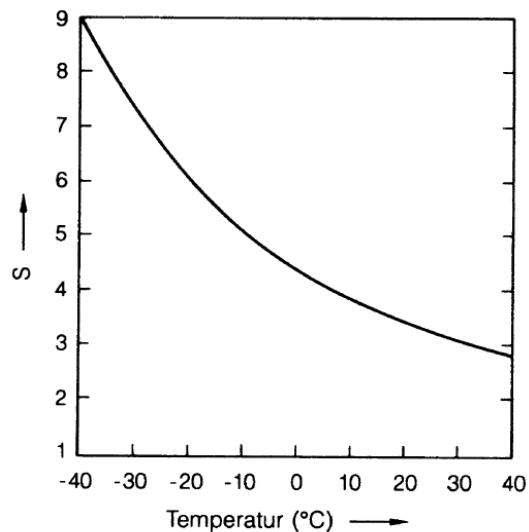


Abb. 5.5 Gleichgewichtssättigung (in %) über reinem Wasser und über Tröpfchen einer NaCl-Lösung als Funktion der Tropfenmasse bzw. des Tropfenradius, bei 20°C. Man achte auf den Wechsel des Maßstabs oberhalb und unterhalb 100% Sättigung. Unterhalb einer Sättigung von 76,3% können die Partikel entweder trocken oder in Lösung existieren (siehe Text)

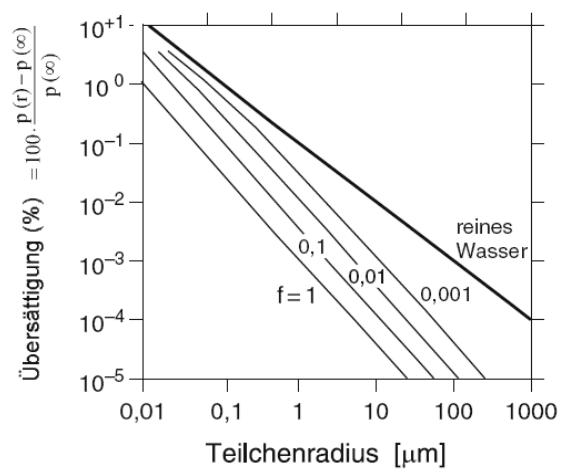


Abb. 5.6 Zusammenhang zwischen der Gleichgewichtsübersättigung und dem Radius für verschiedene Anteile f wasserlöslicher Substanzen an der Gesamtmasse eines Aerosolpartikels (siehe auch Abb. 5.2)

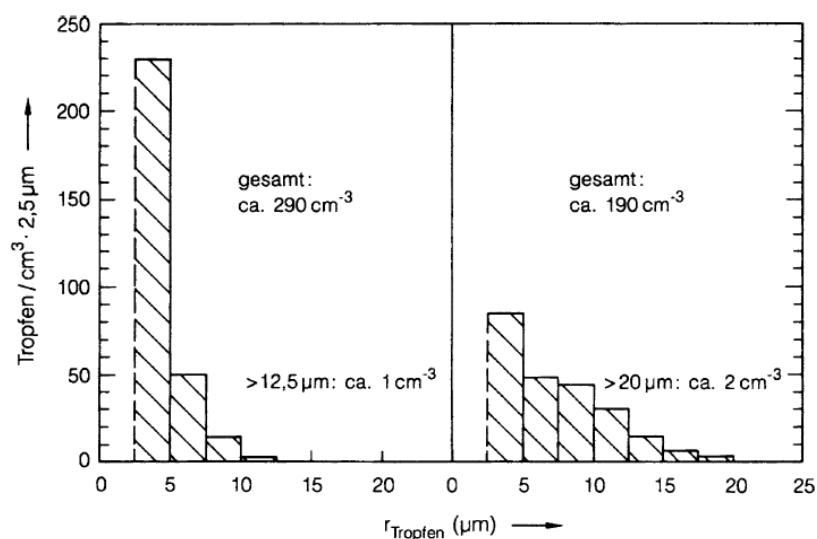


Abb. 5.7 Mittlere Tropfengrößenspektren links für Schönwetter-Cumuli, rechts für Cumulus-Wolken, die gerade zu regnen beginnen (Nach Battan u. Reitan 1957). Die Gesamtflüssigwassergehalte der Wolken lagen links bei 0,15 bis 0,2 g/m³, rechts bei 0,8 bis 1,0 g/m³

Abb. 5.8 Mittlere Verteilung der Regentropfengrößen in Bodennähe, nach Messungen in Karlsruhe (Diem 1968)

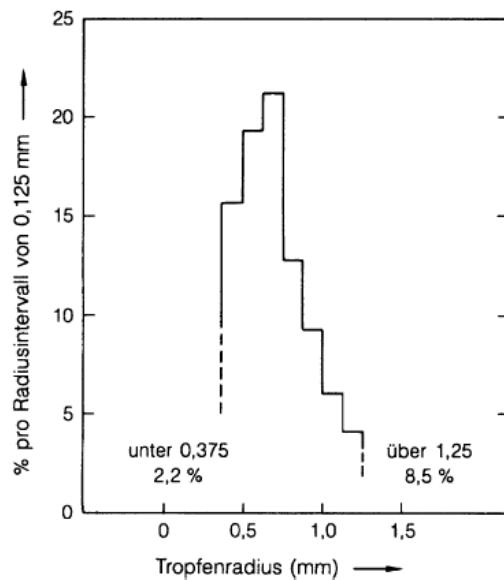


Tabelle 5.1 Einfangwirkungsgrade als Funktion der Radien R des einfangenden und r des eingefangen Tropfens

$R =$	10 μm	20 μm	50 μm	100 μm	250 μm	500 μm
$r =$						
5 μm	0,04	0,05	0,19 (0,49)	0,48 (0,63)	0,57 (0,65)	0,56
10 μm	—	0,17	0,53 (0,58)	0,70 (0,81)	0,67 (0,87)	0,61 (0,88)
20 μm	—	—	0,58 (0,75)	0,65 (0,94)	0,57 (0,95)	0,48 (0,96)
30 μm	—	—	0,58 (0,88)	0,51 (0,97)	0,49 (0,97)	0,49 (0,97)

(In Klammern: Kollisionswirkungsgrade für starre Kugeln).

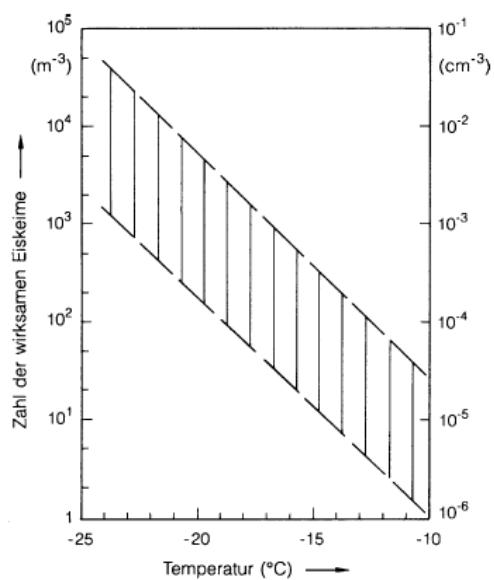


Abb. 5.9 Zahl der wirksamen Eiskeime als Funktion der Temperatur; das Diagramm ist aus vielen Quellen zusammengestellt, der schraffierte Bereich gibt die Streubreite der Literaturwerte wieder

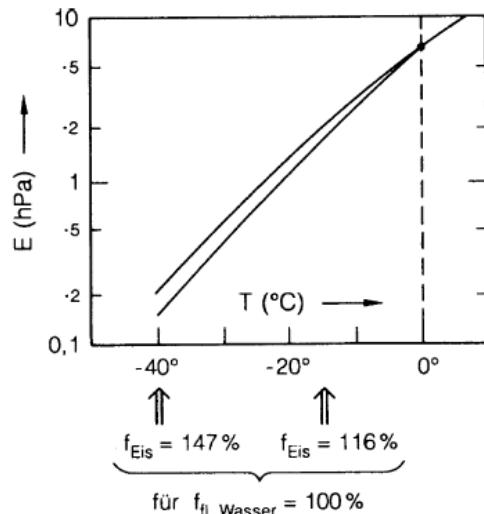


Abb. 5.10
Sättigungsdampfdruck E von Wasserdampf über Eis (unterer Ast der Kurve) und über Flüssigwasser (oberer Ast) als Funktion der Temperatur; für 2 Temperaturen, -15 und -40°C , sind die relativen Feuchten f über Eis bei gleichzeitig 100% relativer Feuchte über Wasser angegeben

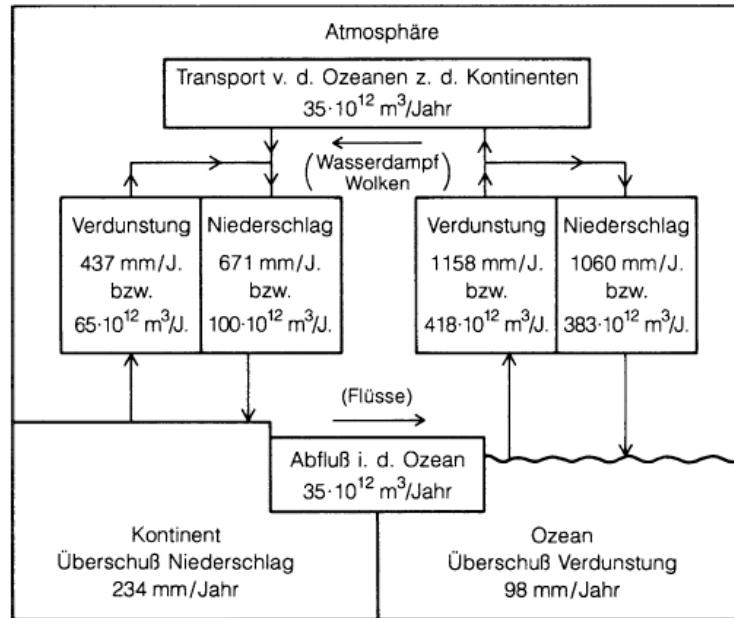


Abb. 5.11 Flüsse im globalen atmosphärischen Wasserkreislauf

Abb. 5.12 Breitenkreismittel der jährlichen Verdunstungs- und Niederschlagsraten
(Nach Sellers 1965)

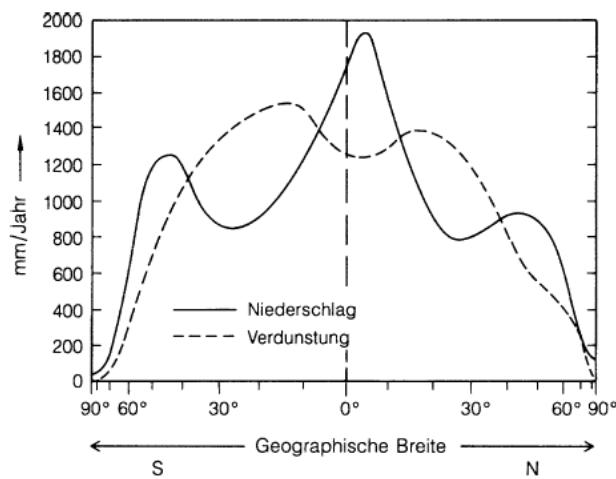


Abb. 5.13 Breitenkreismittel des Gehaltes der Atmosphäre an Wasserdampf, als Flüssigwasseräquivalent, und des Wolkenbedeckungsgrades (Nach Sellers 1965)

Durchgezogene Linie: Wassergehalt (linke Skala), gestrichelte Linie: Bedeckung (rechte Skala)

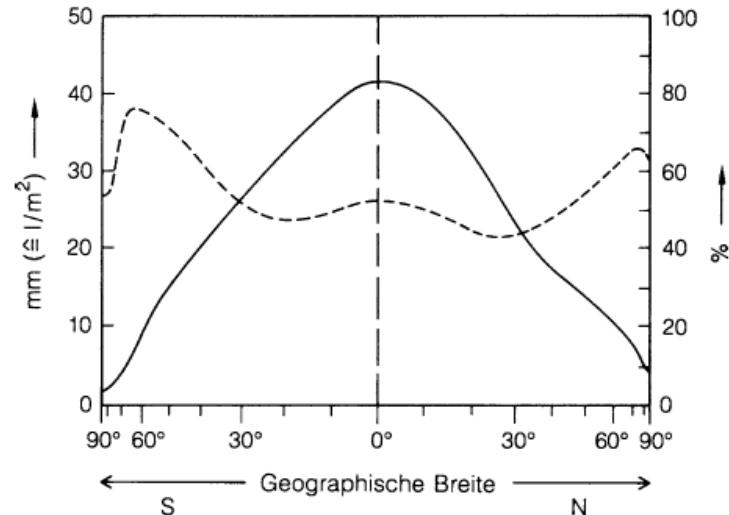
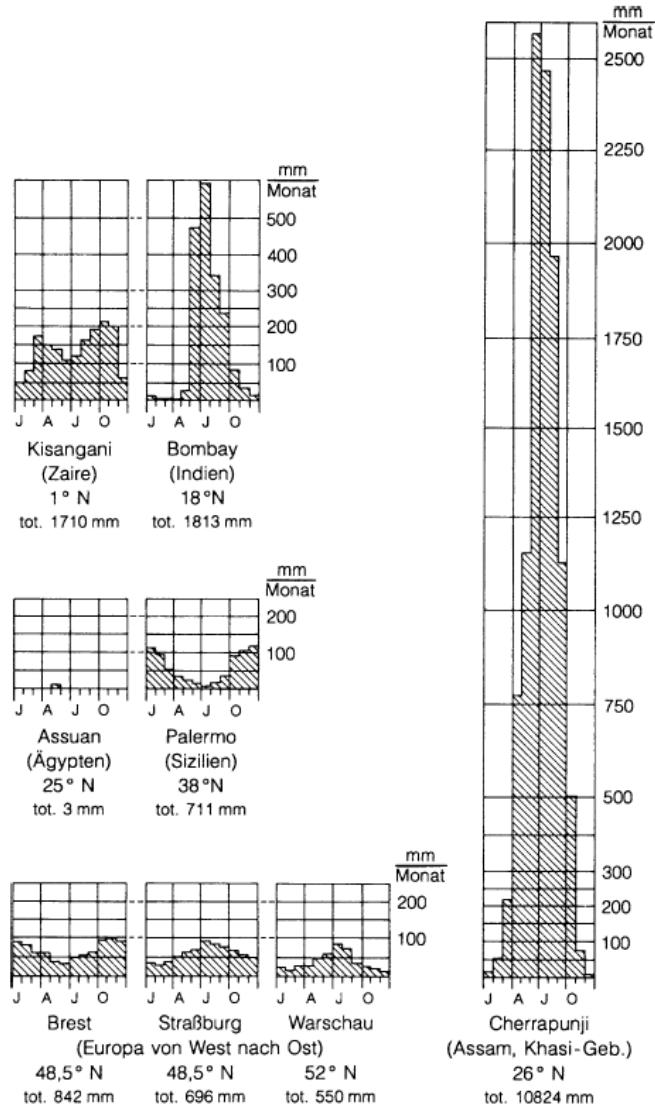


Tabelle 5.2 Klimazonen nach physikalischen Kriterien

Äquatoriale Regenzone: 5°S–10°N	Ganzjährig unter dem Einfluß der äquatorialen Tiefdruckrinne; regenreich, oft hohe Luftfeuchtigkeit; Beispiel: Tropische Regenwälder
Tropische Sommerregenzone: 10°–20°N, 5°–20°S	Im Sommer im Bereich der ITC, dabei feucht und regenreich; im Winter im Bereich der subtropischen Hochdruckgürtel, dabei niederschlagsarm und meist heiter; Beispiel: Südasien
Subtropische Trockenzone: 20°–32°N 20°–30°S	Ganzjährig im Bereich der subtropischen Hochdruckgürtel; sehr trocken, Niederschläge allenfalls sporadisch; Beispiel: Sahara
Subtropische Winterregenzone: 32°–40°N 30°–35°S	Im Sommer im Bereich der subtropischen Hochdruckgürtel, heiter und trocken; im Winter dauernder oder zeitweiliger Einfluß der Westwinddrift, dabei ergiebige Niederschläge; Beispiel: Mittelmeer
Gemäßigte Zone: 40°–60°N 35°–55°S	Ganzjährig im Einflußbereich der Westwinddrift; wechselnd bewölkt und recht niederschlagsreich; Beispiel: Mitteleuropa
Subpolare Zone: 60°–80°N 55°–70°S	Ganzjährig im Bereich der subpolaren Tiefdruckrinne, häufige Niederschläge; Beispiel: Island
Hochpolare Zone: 80°–90°N 70°–90°S	Ganzjährig im Bereich der polaren Hochdruckkalotten; niederschlagsarm, z.T. wüstenartig; Beispiele: Arktis und Antarktis

Abb. 5.14
Niederschlagsmuster
verschiedener Klimazonen;
für Details s. Text



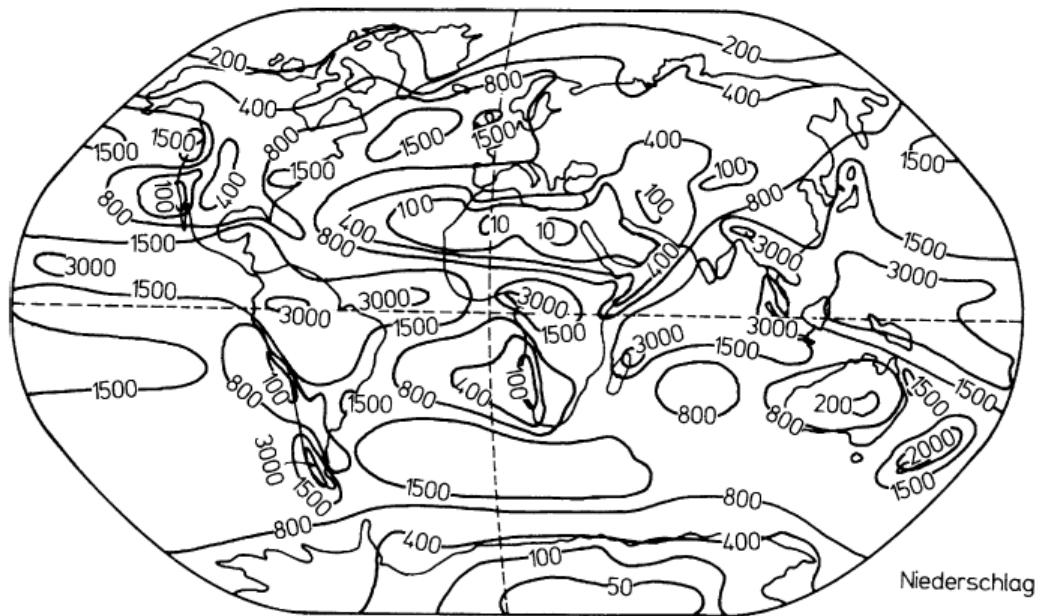
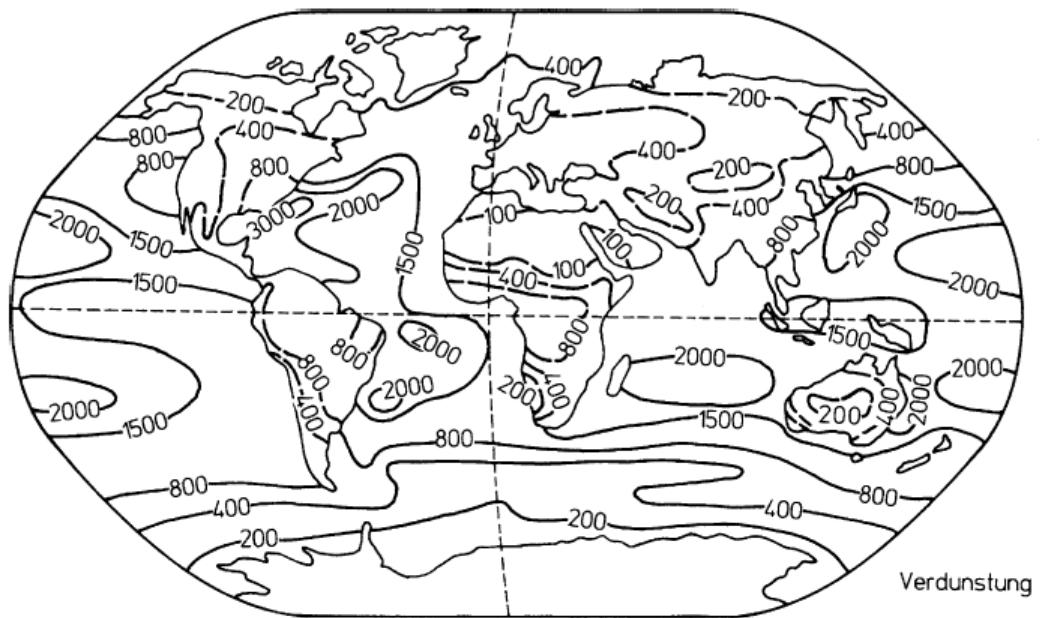


Abb. 5.15 Verteilung von Verdunstung (oben) und Niederschlag (unten) auf der Erde (Quelle der Daten: *Atlas of the World Water Balance*; Unesco Press, Paris 1975). Die Bilder zeigen Isolinien (mm/Jahr, entspr. $l/m^2 \cdot Jahr$) der Verdunstungs- bzw. Niederschlagsraten; die Verdunstungsraten über Land sind gestrichelt eingezeichnet

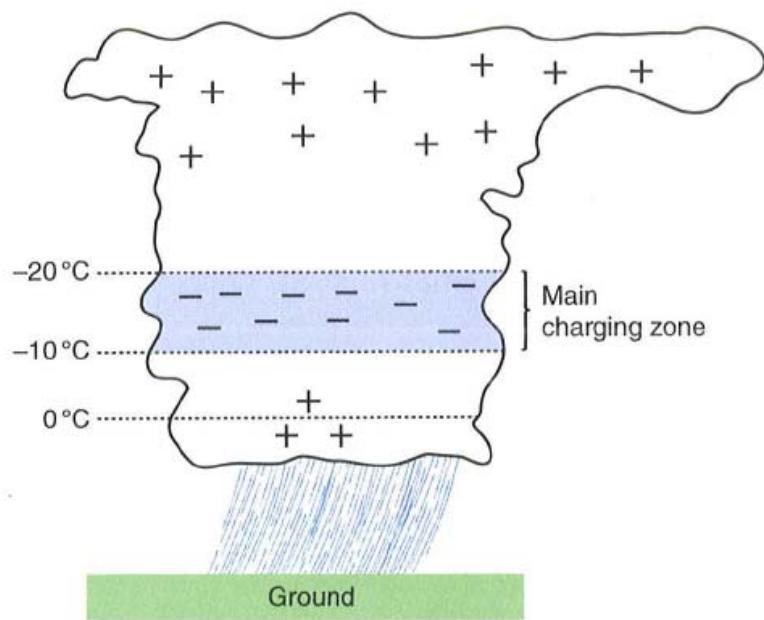
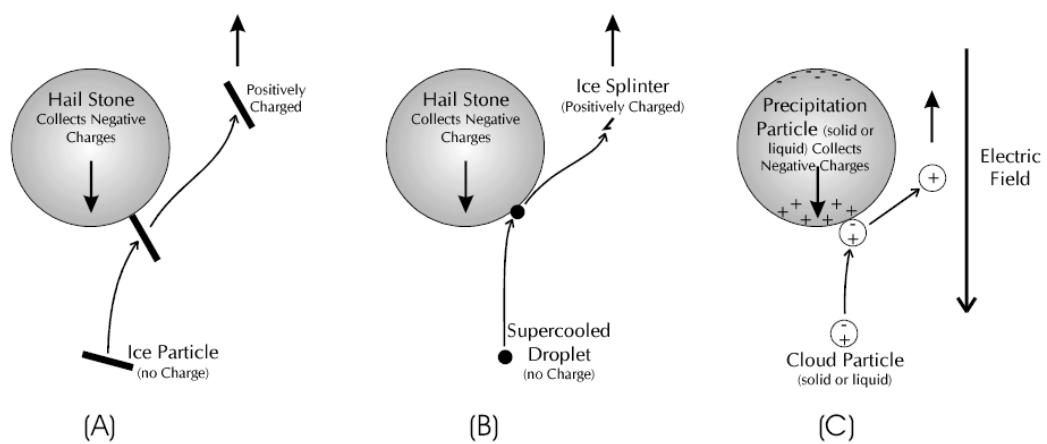


Fig. 6.52 Schematic showing the distribution of electric charges in a typical and relatively simple thunderstorm. The lower and smaller positive charge is not always present.



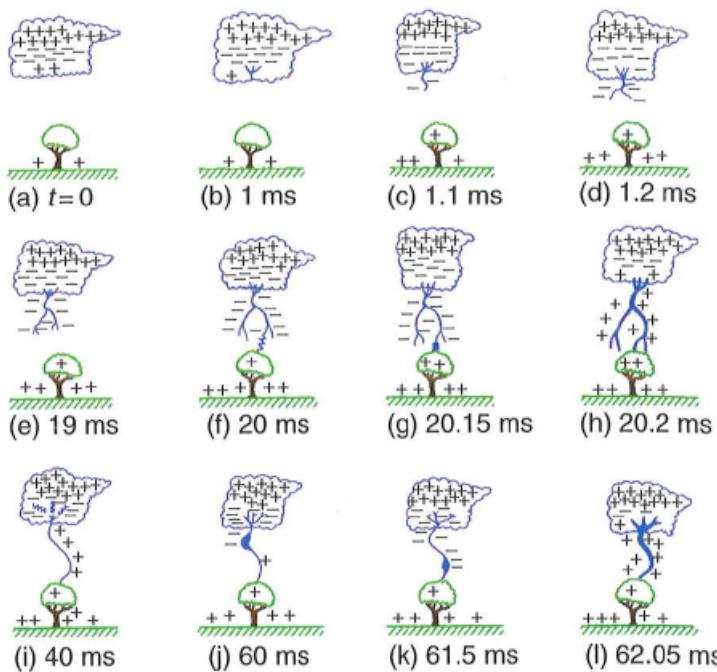


Fig. 6.53 Schematics (not drawn to scale) to illustrate some of the processes leading to a ground flash that charges the ground negatively. (a) cloud charge distribution, (b) preliminary breakdown, (c–e) stepped leader, (f) attachment process, (g and h) first return stroke, (i) K and J processes, (j and k) the dart leader, and (l) the second return stroke. [Adapted from M. Uman, *The Lightning Discharge*, Academic Press, Inc., New York, 1987, p. 12, Copyright 1987, with permission from Elsevier.]



Fig. 6.54 (a) A time exposure of a ground lightning flash that was initiated by a stepped leader that propagated from the cloud to the ground. Note the downward-directed branches that were produced by the multibranched stepped leader. [Photograph courtesy of NOAA/NSSL.] (b) A time exposure of a lightning flash from a tower on a mountain to a cloud above the tower. This flash was initiated by a stepped leader that started from the tower and propagated upward to the cloud. In contrast to (a), note the upward-directed branching in (b). [Photograph courtesy of R. E. Orville.]

Konvektive Wolken
Cumulus-Wolken, Cumulonimbus



Schichtwolken: Cirrus, Altostratus, Nimbostratus, Altocumulus, Cirrocumulus
<http://www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/index.htm>

Cirrus	Altostratus	Nimbostratus
		

Altocumulus (Schäfchenwolke)	Cirrocumulus	
		

Orographische Wolken



Gewitterbildung

