

Wetterlage

Jahrgang 1971

Freitag, den 27. August 1971

Nummer 239

Erläuterungen

- Wolkenlos
- heiter
- 1/2 bedeckt
- wolkig
- bedeckt
- ☁ Dunst
- ☁ Nebel
- Niesel
- Regen
- * Schneefall
- ▽ Schauer
- △ Graupeln
- ▲ Hagel
- ⚡ Gewitter
- /// Niederschlagsgebiet

11 11° Lufttemperatur
13 13° Wassertemp.

Windgeschwindigkeit	
Symbol	m/sec km/h
○	still oder sehr schwach
○ um	1 1-5
○	2,5 6-13
○	5 14-22
○	7,5 23-31
○	10 32-40
○	22,5 77-85
○	25 86-94
	usw.

1,8 km/h ≈ 1 Knoten

Fronten mit
Erwärmung Abkühlung
(Warmfront) (Kaltfront)

nur in der Höhe

Okklusion

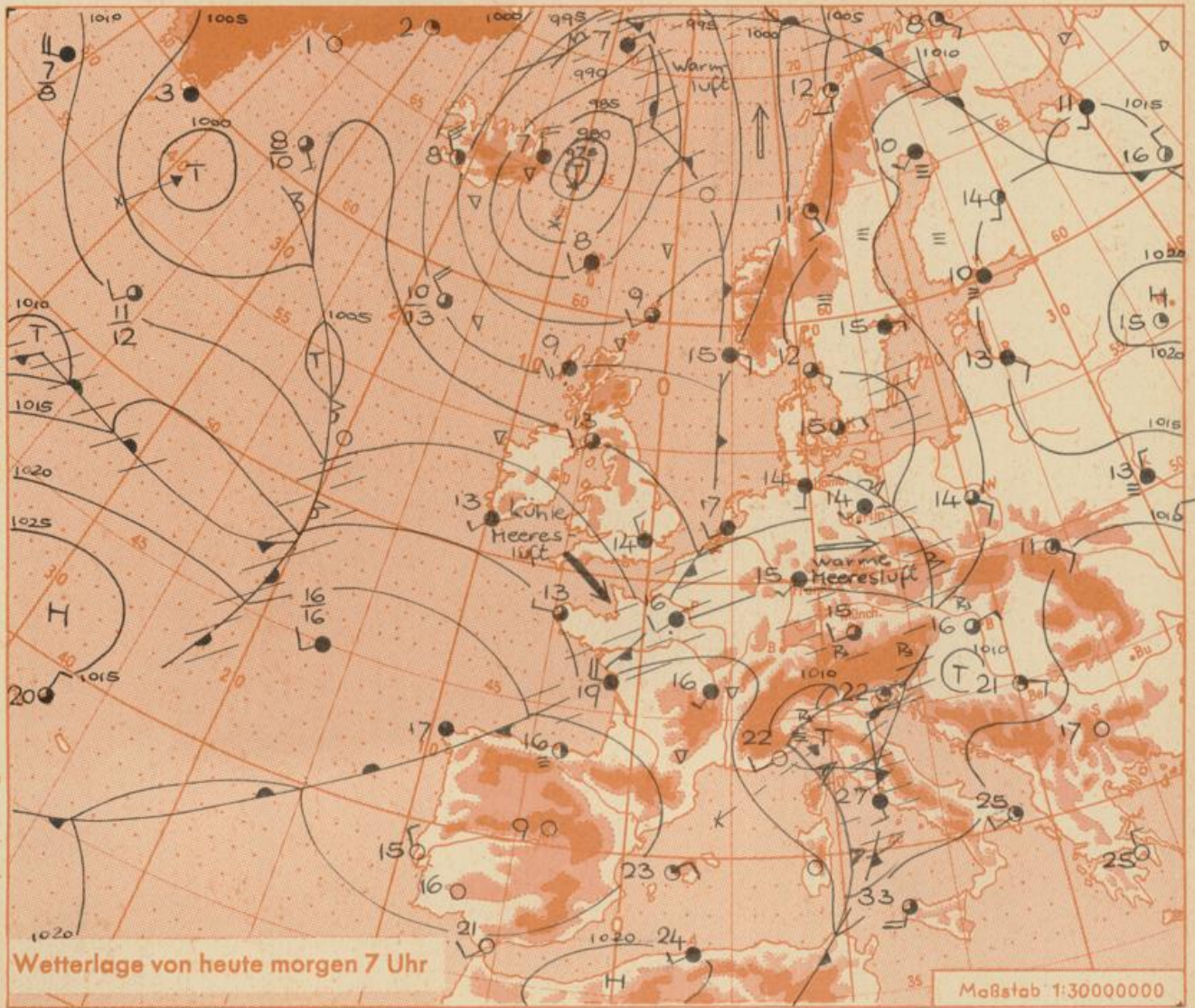
Konvergenz-
linie

→ Warme | Luftströmung

→ Kalte | Luftströmung

Die Linien verbinden
Orte mit gleichem, auf
Meereshöhe umgerech-
neten Luftdruck in
Millibar.

1000 mb ≈ 750 mm



Wetterlage von heute morgen 7 Uhr

Maßstab 1:30000000

Der mit seinem Kern vor der ostisländischen Küste gelegene Sturmwirbel führt an seiner Südseite Meeresluft nach Mitteleuropa. Damit wird die zur Zeit den Witterungsverlauf bestimmende schwülwarme Luft nach Osten abgedrängt. Da vom Atlantik weitere Störungen nachfolgen, muß in den nächsten Tagen mit unbeständiger und nur mäßig warmer Witterung gerechnet werden.

Vorhersage für Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland,

gültig vom Samstag, den 28.8.1971, früh bis Sonntag, den 29.8.1971, früh:

Wechselnde, zeitweise auch starke Bewölkung und verbreitet zum Teil schauerartige Niederschläge. Bei schwachem bis mäßigem Wind aus südwestlichen Richtungen Höchsttemperaturen zwischen 18 und 22 Grad. In der Nacht zum Sonntag bei meist wolkigem Himmel Temperaturrückgang auf 12 bis 8 Grad. Schwachwindig.

Weitere Aussichten: Veränderlich und nur mäßig warm.

- Bo -

Wettermeldungen vom

7h

Station	Höhe NN	Wetter	Wind km/h	7 Uhr	Temperatur °C			Sonnenschein, gestern in Std.	Niederschlag in 24 Std. mm	Schneehöhe cm
					höchste gestern	Mittel gestern	Tiefstwert der Nacht 2m Höhe 1 am Boden			
Frankfurt-Stadt 07,30	125	bedeckt	SW 4	15	22	16,1	14	X	8	
Frankfurt-Flughafen	110	bedeckt	SSW 13	15	23	15,6	14	3,4	24	
Offenbach/M.	99	bedeckt	SW 11	11	23	16,2	14	4,0	9	
Darmstadt	133	bedeckt	SSW 22	10	24	13,6	13	6,5	9	
Geisenheim 07,30	109	bedeckt	SW 9	15	22	15,6	14	4,3	18	
Gießen	186	bedeckt	S 5	14	22	15,2	14	5,8	7	
Kassel	158	wolkig	S 5	15	23	16,0	14	7,9	0,1	
Bad Hersfeld	212	bedeckt	SW 13	15	21	14,8	14	7,4	0,4	
Mannheim	97	wolkig	S 7	16	25	17,6	15	5,4	7	
Neustadt/Weinstr.	161	heiter	WSW 14	17	24	17,6	16	4,8	1	
Trier	265	bedeckt	SW 14	14	25	15,6	14	5,4	20	
Koblenz	96	bedeckt	still	15	24	16,3	15	4,1	30	
Saarbrücken/Ensh.	323	bedeckt	SW 16	14	24	15,6	13	5,7	9	
Marienberg/Ww.	547	bedeckt	SW 14	12	18	13,6	12	6,0	7	
Nürburg	626	bedeckt	WSW 18	12	20	14,9	11	X	10	
Kleiner Feldberg Ts.	805	in Wolken	W 18	11	18	13,5	11	6,7	9	
Wasserkuppe Rhön	921	Regen	SW 27	10	16	12,9	10	6,9	4	

Luftdruck 7h	Höhe	mm	auf Meereshöhe umgerechnet mm	mb
Gießen	195	739,3	756,5	1008,6
Frankfurt/Flugh.	112	747,4	757,3	1009,6
Trier	273	734,1	758,1	1010,7
Saarbrücken/Ensh.	334	729,3	758,5	1011,3

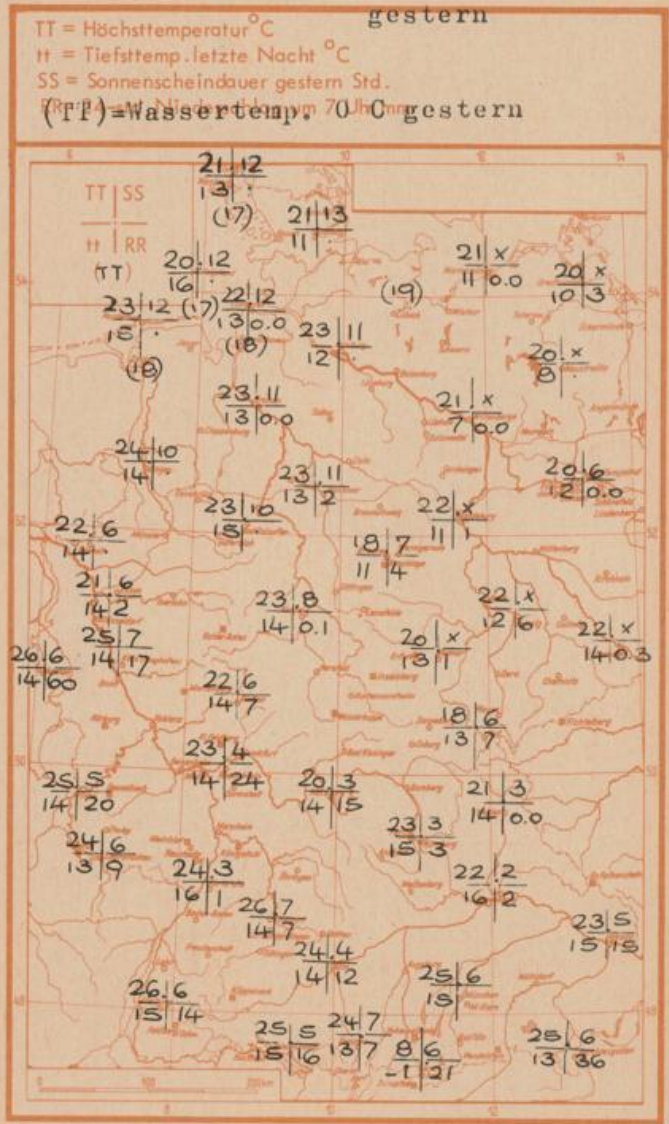
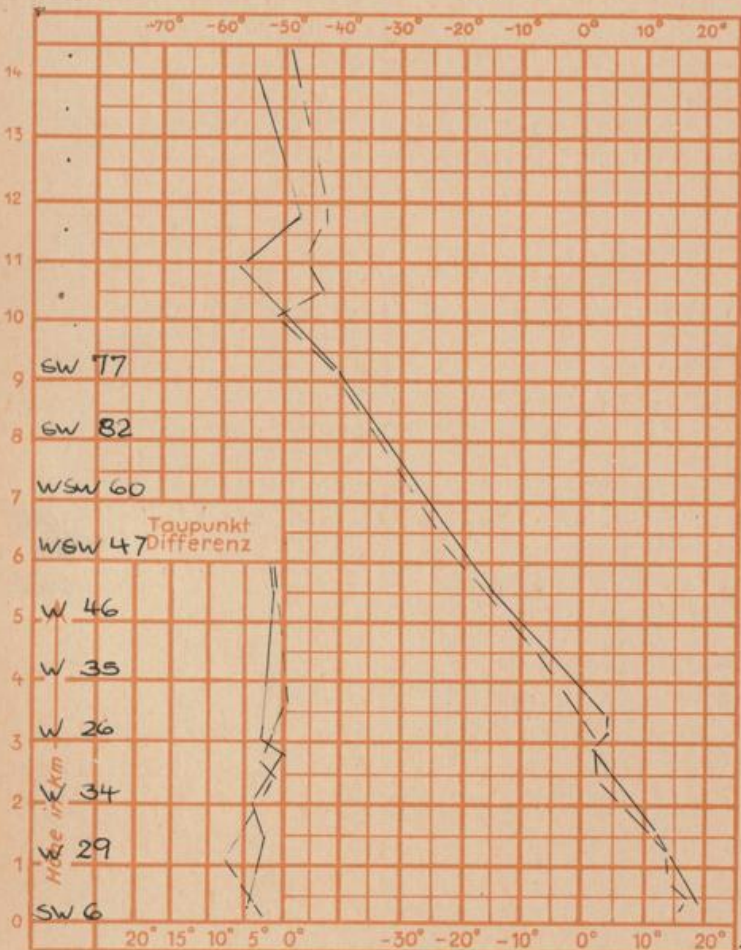
Erdbodentemperaturen	10 cm Tiefe	20 cm Tiefe	50 cm Tiefe	100 cm Tiefe
Kassel	17,7	18,5	19,0	18,0°C
Gießen	16,2	17,2	18,2	18,1°C
Offenbach	16,9	17,8	19,4	19,3°C
Trier	16,8	17,4	18,9	20,0°C

Sonnenaufgang am 28.0.1971 in Frankfurt/Main 05,33 Uhr, Untergang 19,19 Uhr MEZ
 Mondaufgang am (1 Tag v. d. 1. Viertel) 13,53 Uhr, Untergang 21,36 Uhr MEZ

Langjähriges Temperaturmittel der Jahre 1857-1956 in Frankfurt/M. für den 26.8 17,6 °C

Messungen in der freien Atmosphäre am 27,8.1971

Wind / Knoten Temperaturen Stuttgart Essen



Auskünfte und Beratungen für Hessen: Wetteramt Frankfurt, Tel. Frankfurt 8062 408/409, außerdem durch Vermittlung der Dienststellen Darmstadt, Tel. 7 47 20; Geisenheim, Tel. Rüdeshelm 8372; Gießen, Tel. 2119; Kassel, Tel. 1 54 52; Bad Hersfeld, Tel. 2388
 Für Rheinland-Pfalz und Saarland: Wetteramt Trier/Mosel, Tel. 4 27 27, außerdem durch Vermittlung der Dienststellen Koblenz, Tel. 3 23 00; Neustadt/Weinstrasse, Tel. 7307; Saarbrücken, Tel. 481
 Fernsprech-Ansagedienst: Allgemeine Wettervorhersage, Tel. 1164, Reise- bzw. Wintersportbericht, Tel. 1160 und Straßenzustandsbericht (nur im Winter) Tel. 1169

Wetterkarte

Amtsblatt des Wetteramtes Frankfurt in Offenbach am Main D 7311 A

Bei unregelmäßiger Lieferung sind Beschwerden immer an das Zustellpostamt zu richten

Druck und Verlag: Wetteramt Frankfurt, 605 Offenbach/Main
Fränkfurter Straße 135 · Telefon 80621

Postbezug monatlich 3,75 DM, einschließlich Postgebühren.

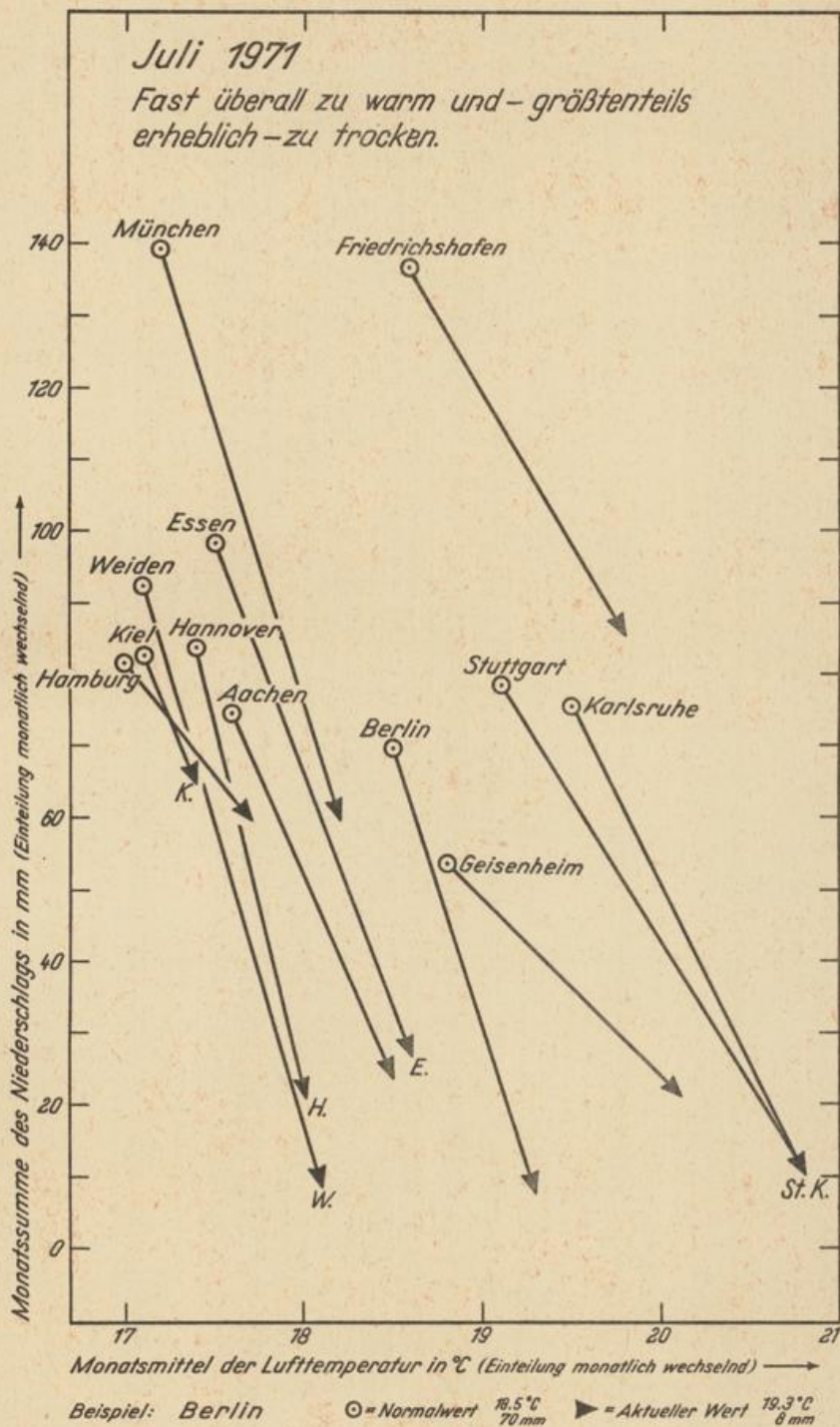
Verlagsort: Frankfurt am Main. Erscheint täglich.

Jahrgang 1971

Freitag, 27. August

Nummer 239 58

Abweichungen der Monatsmittel der Lufttemperatur und der Monatssummen des Niederschlags von den Normalwerten



Wetterübersicht Juli 1971

Datum	Großwetterlagen	Temperatur im Vergleich zur Norm	Niederschläge
1.	Nordlage, antizyklonal (Na)	Allmähliche Erwärmung auf übernormale Werte	Außer etwas Regen am 1. im Südosten und örtlicher Schauer am 11. im Süden kein Niederschlag
2.			
3.			
4.	Nordostlage, antizyklonal (NEa)	Zu warm, ab 8. verbreitet, ab 11. nur Mitte und Süden um 5 bis 8°C.	
5.			
6.	Hochdruckbrücke Mittleuropa (BM)	Küste am 12. etwas zu kalt	
7.			
8.			
9.			
10.			
11.	Nordwestlage, antizyklonal (NWa)	Überwiegend zu kalt, am 17. und 18. gebietsweise um 5 bis 7°C.	Im Süden ergiebiger, an der Küste geringer Regen
12.			
13.	Nordwestlage, zyklonal (NWz)	Anfangs im Süden und Südwesten, am 22. in kleineren Bereichen zu warm	Im Norden häufig Schauer; ab 16. südlich der Donau anhaltende Regenfälle
14.			
15.			
16.	Übergangslage (Ü)		Gebietsweise, am 20. ver- breitet Regen oder Schauer
17.			
18.	Hoch Mitteleuropa (HM)		Im Nordwesten fast täglich ge- ringe Schauer, im übrigen vor allem am 24./25. und 27./28. gebietsweise ergiebige Regen- fälle.
19.			
20.	Südwestlage, zyklonal (SWz)	Zu warm, vom 25. bis 28. und am 31. südlich des Mittelgebirgsrandes meist um 5 bis 9°C	In Ostbayern meist niederschlagsfrei
21.			
22.			
23.	Hoch Nordmeer- Fennoskandien, zyklonal (HNFz)		
24.			
25.	Südwestlage antizyklonal (SWa)		
26.			
27.			
28.			
29.			
30.			
31.			

Wasser im Kreislauf der atmosphärischen Zirkulation

Das Geheimnis der Wolken- und Niederschlagsbildung

Wir haben den Wasserdampf als ein für Wetter und Klima entscheidendes atmosphärisches Gas kennengelernt. Er unterscheidet sich grundsätzlich von den übrigen Gasen, die an der Zusammensetzung der Luft teilnehmen. Bei entsprechender Temperatur- und Druckänderung durchläuft der Wasserdampf alle drei Aggregatzustände. Die Übergänge zwischen der festen, flüssigen und gasförmigen Phase können dabei sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich, wie im Falle der Sublimation, unter Überspringen der flüssigen Phase erfolgen. Die Anreicherung der Luft mit ihm erfolgt durch Verdunstung von Wasserflächen und feuchten Landflächen. Auch die Blätter der Pflanzen besitzen eine Transpiration, die erstaunliche Wassermengen liefert. Ein normaler Apfelbaum ist imstande, während einer Vegetationsperiode 8 000 Liter Wasser abzugeben. Außerdem kann die Feuchtigkeit durch die Luftströmung advektiv aus großer Entfernung, namentlich vom Meer, herangebracht werden. Als Energielieferant für die in der Atmosphäre stattfindenden meteorologischen Veränderungen - Wind, Luftdruckschwankungen, Gewitter, Regen, Schnee - fungiert die Sonne als ein Atom-Ofen gigantischen Ausmaßes, der der Erde in jeder Sekunde 126 Trillionen PS schickt.

Wir wollen nun in der Betrachtung des Kreislaufes des Wassers, einem ewigen Wechsel von Verdunstung, Kondensation und Niederschlag, fortfahren. Die Wolken, die tagein tagaus über uns hinwegziehen, bieten einen derart vertrauten Anblick - wolkenlose Tage sind in unserem Klimabereich eine Seltenheit -, daß wir uns kaum einem Gedanken hingeben, woher sie nun eigentlich kommen und was sie verursacht. Grundbedingung für die Kondensation, den Phasenübergang vom Dampf zur Flüssigkeit, ist die Sättigung eines Luftvolumens, d. h. das Unterschreiten des Taupunktes infolge Abkühlung. Hier zwingt sich nun die Frage auf, was große Luftkörper in der Atmosphäre dazu bewegt, sich hinreichend abzukühlen, um ausgedehnte Wolkenfelder zu erzeugen. Die Natur hat verschiedene Mittel zur Hand, um Luft unter den Taupunkt abzukühlen und somit Anlaß zur Kondensation zu geben. Der einfachste Fall ist die Abkühlung in wolkenlosen Nächten, wenn die von der Erde ausgesandte langwellige Wärmestrahlung ungehindert in den Weltraum hinaustreten kann. Wird bei der Abkühlung der Taupunkt erreicht, so tritt Nebelbildung ein. Sie haben sicher schon beobachtet, daß sich Nebel in Bodennähe zuerst über feuchten Wiesen, Mulden, Straßenvertiefungen usw. bilden. Die Ursache hierfür ist, daß erstens in feuchter Luft die Taupunktdifferenz, d. h. der Abstand zwischen der Lufttemperatur und dem Taupunkt, kleiner ist und zweitens kalte Luft spezifisch schwerer ist als wärmere und somit der natürlichen Schwere folgend zuerst die Senken einer Topographie anfüllt. Obwohl die zur Nebelbildung führenden Abkühlungsprozesse - wir kennen es von herbstlichen Hochdruckwetterlagen - nicht nur meteorologisch, sondern auch für den Verkehr zu Wasser, zu Lande und in der Luft von großer Bedeutung sind, ist die bei weitem wichtigste Ursache für die Wolkenbildung die Aufwärtsbewegung von Luftkörpern. Dazu müssen wir jedoch zuerst etwas über die verschiedenen atmosphärischen Gleichgewichtszustände sagen.

Die wechselnden Diffusionsvorgänge des Wasserdampfes bewirken einen häufigen Wechsel der Gleichgewichtszustände der Atmosphäre sowohl in horizontaler wie in vertikaler Richtung. Infolgedessen führt auch die Kondensation nicht zu einer einheitlichen Form der Wolkenbildung, sondern zu einer großen Mannigfaltigkeit. Aus

der Wolkenform kann man zuweilen den Gleichgewichtszustand erkennen. Ganz offensichtlich wird er bei einer Kumulus- oder Haufenwolke im Gegensatz zu einer Stratus- oder Schichtwolke. Allgemein herrscht in der Luft Gleichgewicht, wenn ihre Dichte in jeder Horizontalebene die gleiche ist; wir bezeichnen dies als den Zustand der horizontalen Schichtung. Das Gleichgewicht ist nun stabil oder labil, je nachdem die unteren Schichten schwerer oder leichter sind als die oberen. Eine Vertikalbewegung wird aber erst dann eingeleitet, wenn auch in der Horizontalen Dichteunterschiede vorhanden sind. Diese sind bei Sonneneinstrahlung infolge des unterschiedlichen Wärmeabsorptionsvermögens von Wasserflächen, verschiedenen Bodenarten und wechselndem Bewuchs immer gegeben. Da nun jedoch aufgrund der Zustandsgleichung der Gase der Quotient aus Druck und Dichte konstant ist, haben Dichteänderungen automatisch Druckänderungen zur Folge. Verringert sich also über stärker erhitzten Gebieten die Dichte, so sinkt auch der Druck; die Luft vermag aufzusteigen. Das unter geringeren Druck gekommene Luftquantum dehnt sich nun aus. Der Ausdehnungsprozeß erfordert allerdings eine von dem Luftquantum zu erbringende Arbeitsleistung, die auf Kosten seines Wärmegehaltes geht, d. h., es kühlt sich ab. Es hängt nun von der aktuell gegebenen vertikalen Temperaturschichtung der Atmosphäre ab, ob der einmal durch die Dichteänderung bewirkte Auftriebsimpuls in Verbindung mit der während des Aufstiegens erfolgenden Temperaturabnahme auch tatsächlich zur Ausbildung von Quellbewölkung führt oder vorher verpufft.

Weiter ist jedem bekannt, daß in der Atmosphäre der Luftdruck mit der Höhe abnimmt. Wenn also ein Luftkörper aufsteigt, gelangt er unter geringeren Luftdruck und dehnt sich aus. Bei Absinkbewegungen, wie z. B. in einem Hochdruckgebiet, kommt die Luft unter höheren Druck und wird komprimiert. Hierbei ergeben sich auch ohne äußere Wärmezufuhr oder -abfuhr Temperaturänderungen, und zwar aufgrund der bei der Expansion bzw. Kompression geleisteten Arbeit. Diese Art von Temperaturänderung wird adiabatisch genannt und läßt sich wie folgt erklären: Gemäß der kinetischen Gastheorie ist ein Gas aus Molekülen zusammengesetzt, die sich in ständiger regelloser Bewegung befinden. Dabei stehen nun Kollisionen zwischen den einzelnen Molekülen an der Tagesordnung und diese Zusammenstöße erzeugen den Druck eines Gases. Der Druck hängt somit von der Zahl, Masse und Geschwindigkeit der Moleküle und letztere wiederum von der Temperatur ab. Wenn also die Temperatur hoch ist, ist auch die Molekulargeschwindigkeit und damit die Zahl der Kollisionen groß. Folglich ist bei konstantem Volumen der Gasdruck bei hohen Temperaturen größer als bei niedrigen. Bei Hebung kommt nun ein Luftvolumen unter geringeren Druck, sein Volumen nimmt zu. Aufgrund der hierbei von der sich ausdehnenden Luftmasse geleisteten Arbeit - sie muß sich Raum für ihr zugenommenes Volumen schaffen - kühlt sie sich ab. Der Abkühlungs- bzw. bei Absinken Erwärmungsbetrag errechnet sich zu 1°C pro 100 m Höhendifferenz; diese Temperaturabnahme mit der Höhe wird trockenadiabatischer Temperaturgradient genannt. Kommt es beim Aufsteigen zur Erreichung des Taupunktes und damit zur Kondensation, dann wird die im Wasserdampf gespeicherte latente Wärme (Verdunstungsgleich Kondensationswärme) wieder der Luft zugefügt. Der Abkühlungsbetrag reduziert sich damit auf $0,6^{\circ}\text{C}$ pro 100 m (feuchtadiabatischer Temperaturgradient).

Wir wollen nun zu den Kondensationsbedingungen zurückkehren. Die wichtigsten Ursachen für die Umbildung von Wasserdampf in Tropfen sind Abkühlung, Mischung und Expansion. Erfolgt die Abkühlung durch Berührung wärmerer Luft mit kälterem Boden, so bildet sich Tau oder Reif, bei Berührung und Mischung verschieden tem-

perierter Luftmassen oder bei Abkühlung durch Ausstrahlung entstehen Nebel oder Schichtwolken, bei Expansion der Luft (Aufsteigen) tritt Bildung von Haufenwolken ein. Experimente haben uns aber gelehrt, daß die thermodynamischen Vorgänge allein nicht ausreichen, um die verwickelten Kondensationserscheinungen zu erklären. In einer großen Glasflasche, die etwas Wasser enthält, damit die darin enthaltene Luft gesättigt ist, tritt Nebelbildung ein, sobald man die Luft durch den Kolbenzug einer angeschlossenen Luftpumpe plötzlich um einen kleinen Betrag verdünnt. Sorgt man aber durch Filtrieren mit Watte dafür, daß die in der Flasche enthaltene Luft staubfrei ist, dann zeigt sich bei Expansion zunächst keine Nebelbildung. Erst bei Übersättigung auf das 4fache (relative Feuchte 420 %) bildet sich ein feiner Niederschlag von Tröpfchen. Weitere Expansion bewirkt erst bei einer Übersättigung auf 800 % erneut einen starken Nebel, aber mit kleineren Tropfen als vorher. Bei weiterer Steigerung des Volumenverhältnisses wird die Zahl der Tröpfchen immer größer und der Nebel färbt sich in der Durchsicht anfangs leicht grün, dann blaugrün, Purpurn, leuchtend rot, rötlich, rötlich weiß, grünlich weiß. Weitere Versuche haben gezeigt, daß die Kondensation bei der 4fachen Übersättigung an negativ geladenen Ionen, bei der 8fachen an positiven Ionen erfolgt.

Kondensation erfolgt also nicht bei Sättigung spontan durch die Zusammenballung von Milliarden von Wasserdampfmolekülen, Voraussetzung ist vielmehr, daß der Luft eine gewisse Anzahl von Kondensationskernen beigemischt ist, an denen sich das kondensierende Wasser ansetzen kann. Denn physikalisch ist der Übergang aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand nur dann möglich, wenn die bei der Kondensation freiwerdende Wärme sofort wieder gebunden wird. Außerdem gilt die Tatsache, daß für gekrümmte Flächen andere Sättigungswerte gelten als für ebene Flächen; je kleiner der Krümmungsradius eines Tropfens ist, desto größer ist sein Sättigungsdruck. Damit nun kleinste Wassertröpfchen bestehen können, bedürfen sie einer bestimmten Übersättigung. Um eine Tropfenbildung unter den gegebenen natürlichen Feuchteverhältnissen überhaupt zu ermöglichen, müssen materielle Teilchen vorhanden sein, damit auf diese Weise Initialtröpfchen von einer Größenordnung gebildet werden, bei welcher sie in der Atmosphäre bestehen können. Als derartige Kondensationskerne kommen hygroscopische Teilchen oder Lösungen in Frage, in Sonderheit Salze, Kochsalz und Magnesium, die von der Meeresoberfläche an die Luft abgegeben werden. Außerdem werden bei allen Verbrennungsprozessen Kondensationskerne erzeugt, insbesondere also über Städten und Industriegebieten. Hier sind es vor allem Sulphate, d. h. schwefelsaure Salze. Die bei Verbrennungsprozessen zurückbleibenden Kohlenstoffteilchen, Ruß und Asche, sind kaum als Kerne geeignet, da sie keine Lösung eingehen.

Die vorgenannten Lösungskerne, Salze und hygroscopische Säuren, besitzen einen geringeren Sättigungsdruck als Wasser. Ihre Dampfdruckerniedrigung ist um so größer, je konzentrierter die Lösung ist, je weniger sie also Wasser aufgenommen haben und je kleiner demnach ihr Volumen ist. Kleine Lösungskerne hoher Konzentration wachsen deshalb schon bei geringerer relativer Feuchte als 100 %. Diesen Vorgang der Tropfenbildung durch hygroscopische Ansatzkerne kann man übrigens durch Sichtbeobachtungen feststellen. Starke atmosphärische Dunsttrübung geht als sog. Vorkondensationsstadium häufig der Wolkenbildung voraus. Hat das Tröpfchen einen bestimmten Radius ($r = 0,001$ mm) erreicht und ist somit für das menschliche Auge sichtbar geworden, so sprechen wir von einem Wolkentröpfchen. Auch für die Entstehung der Eiskristalle müssen Ansatzkerne für die Einleitung der Kristallbildung vorausgesetzt werden. Es wird angenommen, daß der Hauptanteil der natürlichen

primären Eiskerne aus Körnern schieferiger Silikatgesteine der Erde bestehen. Unter den Wolkenphysikern wächst jedoch die Erkenntnis, daß sekundäre Eisquellen, einschließlich der Möglichkeit der Zersplitterung, die primären Eiskerne oft an Konzentration übertreffen können.

Wenn wir nunmehr den Übergang von den schwebenden Wolkentröpfchen zu den ausfallenden Niederschlags-elementen machen, die als Regen den Erdboden erreichen, so bildet auch der Vorgang der Entstehung des Niederschlags kein eindeutiges, einfaches Problem. Es ist nicht ungewöhnlich, dunkle, schwere Wolken über den Himmel ziehen zu sehen, ohne daß aus ihnen Regen fällt. Dann vollzieht sich plötzlich eine Wandlung, leichte Regenstreifen erscheinen unter der Wolke, und ganz plötzlich beginnt schwerer Regen zu fallen. Was hat diese plötzliche Wandlung verursacht, und warum regnet nicht jede Wolke?

Wolkenelemente fallen zwar aus den meisten Wolken aus, aber wegen ihrer geringen Größe verdampfen sie in kürzester Zeit in der Luft. Bei einem Radius von $r = 0,01$ mm genügt bei einer relativen Feuchte von 90 % schon eine Fallstrecke von 0,03 cm bis zur vollständigen Verdunstung. Für das kleinste Niederschlags-element ($r = 0,2$ mm) genügt eine Fallstrecke von 150 m. Als Niederschlag kann es also nur von einem Hochnebel aus den Boden erreichen. Erst Tropfen vom Radius $r = 0,5$ mm können aus einer Höhe von 3 000 m ausfallend bis zum Erdboden gelangen. Bei dieser Tropfengröße beginnen die eigentlichen Niederschlags-elemente.

Wir stehen nun vor der Frage: Wie kommt es zur Bildung von Regentropfen aus diesen kleinen Wassertröpfchen? Berechnungen aufgrund des normalen Wachstums durch Diffusion von Wasserdampfmolekülen auf das Tröpfchen haben völlig unrealistische Wachstumszeiten ergeben, die für einen großen Regentropfen bei 24 Stunden liegen. Wir müssen uns hier vor Augen halten, daß einige zehntausend Wolken-tröpfchen zusammenfließen müssen, bis sich ein Sprühregentropfen bildet, und viele Millionen, bis ein großer Regentropfen entsteht, denn der Radius geht zur dritten Potenz beim Volumen ein. Es muß also ein beschleunigender Mechanismus am Werk sein. Da die Größe der Kondensationskerne und ihre hygroskopischen Eigenschaften unterschiedlich sind, ergeben sich auch Unterschiede in den Tropfenspektren der Wolken. Hier tritt nun die irdische Schwerkraft in Aktion, indem die größeren die kleineren Tröpfchen einholen, kollidieren und mit ihnen zusammenfließen. Die Wirksamkeit dieses Vorganges hängt von Parametern wie Aufprallgeschwindigkeit und -winkel, Oberflächenspannung, chemische Zusammensetzung von Tröpfchen und Umgebung, luftelektrisches Feld und elektrischer Ladung auf den Tröpfchen usw. ab. Wir wollen jedoch nicht näher darauf eingehen, da er sich in unseren Breiten nicht sehr häufig abspielt.

In unseren Regionen hat im wesentlichen eine Theorie Bedeutung erlangt, und zwar besagt sie, daß der Regen in der Wolke über die Eisphase entsteht, also ein Schmelzprodukt von Schnee, Graupeln oder Hagel ist. Lediglich der feine Sprühregen bildet eine Ausnahme, der bei feuchter Luft aus sehr tiefen Wolken fallend den Boden noch erreicht. Die Beweisführung beruht auf den Beobachtungen, daß Wolken unterkühlen (d. h., die Wolkenelemente bleiben auch bei Temperaturen unter 0°C flüssig) und daß Wolkengipfel der Kumuli gewöhnlich Amboßformen bilden und zerfranst erscheinen, bevor es aus ihren Untergrenzen zu regnen beginnt, und auf der

wohl bekannten Tatsache, daß der Sättigungsdampfdruck bei gleicher Temperatur über Eis geringer ist als über Wasser. Wächst also eine bezüglich Wasser gesättigte Wolke wie beispielsweise ein Kumulus über die 0° -Grenze hinaus, so bedeutet das für die sich nun bildenden Eiskristalle eine wesentliche Übersättigung. Die Eiskristalle wachsen somit auf Kosten der Wassertröpfchen, da der für Eis übersättigte Wasserdampf der Wolke sich durch Sublimation auf ihnen niederschlägt. Hierbei nimmt der Sättigungsdampfdruck in bezug auf Wasser in der Wolke ab und infolgedessen müssen Wassertröpfchen beim Wachstum der Eiskristalle verdunsten. Die Eiskristalle zehren gewissermaßen die Wassertröpfchen auf. Dieser Vorgang geht sehr schnell vonstatten, zumal die unterkühlten Wassertropfen auch durch unmittelbaren Zusammenstoß mit den Eisteilchen an den Eiskristallen angelagert werden und sofort gefrieren. Aus der ursprünglichen Wasser-, dann Mischwolke entsteht durch den sich vollziehenden Umbildungsprozeß eine Eiswolke. Die ursprünglichen regelmäßigen Eiskristalle, Säulchen und Plättchen sind bei der anfänglich herrschenden Wasserübersättigung zu zusammengesetzten und verzweigten Skelettformen entartet und auf die Größe von Schneeflocken angewachsen. Als Schneeflocken falten sie in tiefere Schichten mit Temperaturen über 0°C , tauen auf und bilden nunmehr Regentropfen, genügend groß, um nicht mehr in der Luft zu verdunsten, sondern den Erdboden zu erreichen.

Das Aufzehren der Wassertröpfchen in einer Mischwolke erklärt uns gleichzeitig die Entstehung der Graupeln und des Hagels. Während die Schneeflocken durch Anlagerung von weiteren Eiskristallen wachsen, bilden sich die Graupeln durch Koagulation der Schneekristalle mit unterkühlten Wassertropfen, die bei der Berührung mit Eis sofort gefrieren. Ermöglichen die Aufwindgeschwindigkeiten innerhalb der Wolke ein längeres Verweilen der Graupeln, so werden durch wiederholte Koagulation mehrere Eisschichten auf den Graupeln abgelagert, die auf diese Weise zu Hagelkörnern werden. Hagelsteine mit einem Durchmesser von 4 cm setzen einen Aufwind von 120 km/h voraus. Derartige Aufwinde sind in Gewitterwolken schon einwandfrei festgestellt worden.

Das derzeit in der Meteorologie zu findende enorme Interesse an der Wolkenphysik geht auf das Bemühen zurück, den Niederschlagsmechanismus in den Griff zu bekommen und darauf aufbauend Mittel und Wege zu finden, geeignet erscheinende Wolken zu impfen, d. h. durch Hineinschießen von stark hygroskopischen Kernen wie Silberjodid oder Eiskristallen zum frühzeitigen Ausregnen über ariden Gebieten zu animieren. Derartige Versuche sind jedoch noch nicht über das Entwicklungsstadium hinausgelangt. Ein statistisch signifikanter Mehrertrag an Niederschlag konnte noch nicht eindeutig nachgewiesen werden; die Natur läßt sich ihre Geheimnisse nicht so schnell entreißen.

Wir haben versucht, das Geheimnis um den Wasserkreislauf und seiner Bedeutung ein wenig zu lüften. Wenn auch mikrophysikalisch noch so anziehend, bleibt gewöhnlicher Regen wohl weiterhin das wahrscheinlich am wenigsten entzückende Wetterereignis. Natürlich werden ein Landwirt, dessen Früchte auf den Feldern zu vertrocknen drohen oder eine Stadt, deren Wasserreservoir sich leert, einen Regen mit Freude begrüßen, aber die gewöhnliche Reaktion ist nicht so gefühlsbetont. Die seltenen, sehr schönen oder sehr heftigen Phänomene der Atmosphäre bewirken allgemein Faszination, aber gewöhnlicher Regen und Schnee sind wie alte Freunde und ähnlich wie alte Freunde spielen sie extrem wichtige Rollen in unserem Leben.