

GERHARD SCHMIDT



Wolken
und
Wetter



GERHARD SCHMIDT / WOLKEN UND WETTER

JUGENDBUCHREIHE „ERLEBTE WELT“ BAND 32

GERHARDSCHMIDT

*Wolken
und Wetter*

*Mit 32 farbigen Abbildungen
nach Wolkenaufnahmen des Verfassers
und Federzeichnungen von
Jürgen Ritter*

JUGENDBUCHVERLAG ERNST WUNDERLICH

Lizenz Nr. 359-425/4/54 · 1. — 10. Tausend

Alle Rechte durch den Verlag vorbehalten

Satz in Phalanx-Antiqua · Druck: III/23/3 J. Schmidt, Markneukirchen i. Sa.

Prof. Ludwig Weickmann,
meinem verehrten Lehrer,
zugeeignet

INHALT

Wolken und Wetter	7
Die Irdische Lufthülle	13
Wasser in der Atmosphäre	26
Wie Wolken entstehen	32
Wie man die Wolken einteilt	43
Nebelwolken in Bodennähe	52
Im Reiche der EISwolken	60
Der Schönwetterhimmel	68
Ein Gewitter zieht herauf	81
Von Stau und Föhn	94
Wie sich Schlechtwetter zusammenbraut	102
Es trübt sich ein – Landregen	110
Von Kaltfront und Regenschauern	117
Wetterbesserung im Wolkenbild	124
Der Wolkenhimmel im Wechsel der Jahreszeiten . .	132
Worteläuterungen	141
Tafelfolge	148
Empfehlenswertes Schrifttum	149

WOLKEN UND WETTER

Eindrucksvoll in seiner unerschöpflichen Vielfalt der Formen, seinem beständigen Wechsel und seiner klaren und reinen Schönheit erscheint uns der Wolkenhimmel. Dauernd ist er uns vor Augen und ist doch ewig ein anderer. Unendlich wandlungsfähig ist er, so daß es schier unmöglich ist, sein wahres Gesicht zu ergründen.

Es liegt darin eine abgewogene, nirgends ins Übertriebene gesteigerte Schönheit. Denken wir aber nicht nur an die watteartigen, anmutigen Wölkchen, die heiteren Tagen ihr Gepräge geben. Schönheit ist auch da, wo im Toben die Elemente entfesselt zu sein scheinen.

Es gibt kein starres Schema. Farben, Formen und Linien zeigen etwas unendlich Bewegtes, in dem sich gleichsam geheimnisvolles Leben zu offenbaren scheint. Seit den ältesten Zeiten wurden die Völker hiervon ergriffen, suchten Dichter und Künstler ihren Eindrücken und Empfindungen hierüber Ausdruck zu verleihen.

Wir wollen über die Betrachtung der Formenschönheit hinaus zum Verstehen des Wesens der Erscheinungen vorstoßen und unsere Beobachtung schulen, so daß es uns schließlich möglich wird, die verwirrende Vielfalt zu ordnen und bestimmte Formen in ihrer ursächlichen Verknüpfung mit dem Wetter zu verstehen. Dazu bedarf es einiger Mühe. Doch das Ziel ist nicht unerreichbar, und wer es unternimmt, mit uns die Dinge einmal gründlich zu durchdenken, wird am Ende seine Bemühungen belohnt finden. Denn neben einer wesentlichen Bereicherung seines Wissens wird er viele alltägliche Dinge, an denen er bisher achtlos vorübergegangen ist, in neuem Licht erblicken.

Gar mancher wird von der Formenmannigfaltigkeit der Wolken schon verwirrt gewesen sein und vielleicht auch entmutigt, weil sich das Bild, das ihm der Himmel bot, so rasch veränderte. Im stillen bewunderte er die Betrachter, bei denen ein Blick zum Wolkenhimmel genügte, um über die weitere Entwicklung des Wetters etwas auszusagen. Wie oft trafen ihre Angaben das Richtige! Häufig waren es einfache Menschen, die nie die Möglichkeit hatten, gelehrtes Wissen zu erwerben. Aber sie brachten viel Zeit im Freien zu und hatten gelernt, die Natur gründlich zu beobachten. Alte Schäfer, Landleute, Fischer, auch Bergbewohner gehören vor allem dazu. Sie haben einen Schatz praktischer Erfahrung über die Zusammenhänge zwischen Wolken und Wetter gewonnen und erkennen mit einem Blick zum Himmel sehr zuverlässig, ob sich das Wetter halten wird oder ob in allernächster Zeit mit einer Änderung zu rechnen ist. Aus eingehender Kenntnis lokaler Wetterzeichen entspringen oft recht gute Voraussagen. Überrascht ist man aber zumeist darüber, daß solche „Wetterkundigen“ versagen oder nur recht unbefriedigende Auskünfte zu geben vermögen, wenn man sie fragt, wie nun die Zusammenhänge sind, warum das Wetter einmal so, das andere Mal anders verläuft. Dann schweigen sie. Sie haben wohl eine Summe praktischer Erfahrungen, aber die tieferen Ursachen der Wettervorgänge sind ihnen nicht klar.

Auch für uns steht die Beobachtung im Vordergrund. Mit ihr beginnt jede Erforschung der Natur. Erst studieren wir mit aller erdenklichen Genauigkeit und Gründlichkeit die Erscheinungen und Vorgänge, und dann können wir daran gehen, Gesetze abzuleiten. Nach dem bloßen Beobachten der Formen denken wir nach über ihr Wesen, Werden und Vergehen, und schließlich gewinnen wir eine Ordnung, ein System.

Das kleine Buch soll keine Wetterkunde im üblichen Sinne sein, die über das Gesamtgebiet der Meteorologie unterrichtet. Wer im einzelnen wissen möchte, wie man Wetter-

beobachtungen anstellt, was für Instrumente es gibt, wie eine Wetterwarte eingerichtet ist und welche Aufgaben sie zu erfüllen hat, wie eine Wetterkarte entsteht und wie man aus ihr die tägliche Vorhersage entnimmt, der sei auf das im Anhang beigefügte Verzeichnis einschlägiger Bücher verwiesen. Gutes wetterkundliches Schrifttum gibt es augenblicklich zur Genüge.

Wir wollen von Wolkenformen, die bestimmten Wetterlagen zugeordnet sind und nur in Zusammenhang mit diesen vorkommen, Anhaltspunkte für den Ablauf und die weitere Entwicklung der Wetterlage gewinnen. Es handelt sich um eine höchst interessante Form der meteorologischen Beobachtung, zu der man nicht einmal kostspielige Instrumente braucht. In unseren gemäßigten Breiten pflegt das bewölkte Wetter das typische und das weitaus häufigere zu sein. Es bestimmt das Gepräge unserer Landschaft und vermag durch beständige Einwirkung diese sogar wesentlich zu formen.

Was verstehen wir unter Wetter? Es umfaßt die vielgestaltigen Erscheinungen, die sich in der Atmosphäre abspielen, insbesondere in der unteren, die als Troposphäre bezeichnet wird. Diese Lufthülle schafft erst die Möglichkeit dazu, daß Wettervorgänge ablaufen können. Auf Himmelskörpern, denen eine Gashülle fehlt wie beispielsweise unserm Mond, kann es kein Wetter geben.

Der Hauptwesenszug des Wetters ist sein starker Wechsel. Er ist sprichwörtlich. Von Ort zu Ort wie von Tag zu Tag machen sich oft schon innerhalb weniger Stunden Änderungen bemerkbar; aber andererseits kann gelegentlich das Wetter auch tagelang sehr beständig sein.

Als Wetter bezeichnen wir den Zustand der Luft an einem bestimmten Ort zu bestimmter Zeit. Eine Abfolge des Wetters über einen größeren Zeitraum, die bestimmte charakteristische Wetterabläufe in gesetzmäßiger Wiederholung bringt, nennen wir Witterung. Und die Gesamtheit der Witterungen, die

wir jahraus jahrein an einem Orte auftreten sehen, fassen wir zusammen als das Klima dieses Ortes. Beobachten wir nämlich das Wetter an einem Ort mehrere Jahre hindurch, so finden wir, daß sich in bestimmten Monaten immer wieder charakteristische Wetterlagen einstellen. Gewiß kann auch ein Jahr anders ablaufen. Aber solche außergewöhnlichen Jahre ändern nichts an den Gesetzmäßigkeiten, die die Klimakunde zu erfassen sucht.

Das Wetter äußert sich vielfältig. Wir können mit Instrumenten sehr genau Änderungen der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit oder des atmosphärischen Druckes feststellen. Der Wind kann mit verschiedener Stärke und aus verschiedenen Himmelsrichtungen blasen. Und schließlich sind die Sichtweite, der Grad der Verunreinigung in der Luft und ihr elektrischer Zustand in starkem Maße Wandlungen unterworfen. Möglicherweise gibt es noch andere, vorläufig exakter Messung nicht zugängliche Faktoren des Wetters, die auch unser persönliches Wohlbefinden beeinflussen und von besonders wetterempfindlichen Naturen sofort als belebend oder lähmend wahrgenommen werden. All diese Faktoren bezeichnen wir als Wetterelemente. Wenn sie zusammen zur Wirkung kommen, entstehen die Wettererscheinungen. Das sind Regen, Schnee, Hagel, Nebel, Gewitter und ähnliche, sozusagen sichtbar gewordener Ausdruck des Zusammenwirkens der Wetterelemente.

Zu vielen Einzelproblemen fehlt uns heute noch die endgültige Klärung. Wir müssen dieselben immer im großen Zusammenhang sehen und darauf achten, daß unsere Deutungen nicht mit anderen Beobachtungen in Widerspruch stehen. Manche vorzeitig gezogenen theoretischen Folgerungen müssen noch abgetan werden, und wir wollen darum auch vorsichtig sein, heute bereits Dinge als feste Ergebnisse anzusehen, die in Wirklichkeit noch nicht völlig erforscht sind.

Aber wir werden zu einem tieferen Verständnis der Wetter-

vorgänge gelangen und dann mit ganz anderem Interesse die amtliche Wettervorhersage verfolgen, die wir durch Rundfunk oder Zeitung übermittelt bekommen. Die darin üblichen Fachwörter werden uns verständlich, und wir verbinden mit ihnen klare, anschauliche Vorstellungen. Häufige Wendungen und Worte, die den Uneingeweihten eigenartig anmuten, erhalten für uns ganz bestimmten Inhalt. Wenn es in einer Vorhersage beispielsweise heißt „zeitweise leichter Regen“ oder „örtlich einzelne Schauer“, so werden wir nicht mehr die anscheinend recht geringe Genauigkeit bemängeln, die aus diesen „unsicheren“ Angaben zu sprechen scheint, sondern verstehen, daß es sich um einen ganz bestimmten Wettertypus handelt, für den strichweise Regenfälle bezeichnend sind, die sich nach Zeit und Ort nicht genauer festlegen lassen.

Auch für sehr zugespitzte Lagen im Ablauf des Wetters wollen wir einen Blick gewinnen. Bei diesen geht selbst die öffentliche Vorhersage bisweilen fehl, weil das Tempo der Entwicklung nicht richtig eingeschätzt wurde. Einmal ließ eine angesagte Verschlechterung auf sich warten, ein andermal trat der Wetterumschlag wesentlich früher ein als angenommen. Aber wir gewinnen die rechte Einstellung zur Wetterkunde und ihren Möglichkeiten. Wir müssen freilich von Anfang an daran denken, daß sie eine junge Wissenschaft ist. Und viele Probleme sind noch im Fluß und harren erst ihrer endgültigen Lösung.

Trotzdem ist die Wetterkunde für viele Zweige unserer Wirtschaft bereits heute unentbehrlich geworden, die dringend die tägliche Wettervorhersage brauchen. Schifffahrt und Fliegerei sind ohne den Wetterdienst undenkbar, Sturm- und Gewitterwarnungen, Angaben über Nebel, Seegang und Wind, über Sicht und Vereisung werden beständig dringend verlangt. Land- und Forstwirtschaft, besonders auch die Gärtnereien wollen die Wetteraussichten für einen längeren Zeitraum erfahren, um die Reihenfolge ihrer Arbeiten richtig

anzusetzen, um etwa zu wissen, wann der günstigste Zeitpunkt zur Aussaat sei oder ob die Ernte von Feldfrüchten beschleunigt werden muß, weil eine längere Regenperiode oder gar Frost drohen, oder ob mit einem anhaltenden Regen gerechnet werden kann, der eine Düngung erst wirksam werden läßt. Auch der Versand von Gütern ist sehr abhängig vom Wetter, sofern es sich um leicht verderbliche oder frostempfindliche Produkte handelt. „Wetterempfindlich“ ist auch das Baugewerbe in hohem Grade, denn alle Schachtungsarbeiten können nur bei trockenem und frostfreiem Wetter vorstatten gehen. Das Betonieren und Verputzen wird durch Frost sehr erschwert. Denken wir schließlich an uns selbst und unsere Sonntage, an Wanderungen oder Sport oder gar an die Ferienreise! Wie oft haben wir da nicht mit banger Erwartung und Spannung den Wetterbericht angehört und die Voraussagen verfolgt!

Besser ist es aber, wenn man selbst den Dingen mit gewissem Einblick gegenübertritt und kritisch zum Verlauf des Wettergeschehens Stellung nehmen kann. Dazu verhilft die eingehende Beschäftigung mit den Wolken.

DIE IRDISCHE LUFTHÜLLE

Der Entstehungsraum der Wolken

Ehe wir uns aber den Wolken im einzelnen zuwenden, wollen wir uns, wenn auch nur sehr kurz, mit dem Bereich beschäftigen, in dem sich die Wolken bilden, entfalten und wieder auflösen, mit der atmosphärischen Luft. Sie mag uns als so alltäglich erscheinen, daß man sie keiner besonderen Betrachtung für wert erachtet. Beständig ist sie um uns her, und wir leben in ihr, ohne sie eigentlich recht wahrzunehmen. Doch würde sie fehlen, dann gäbe es kein Leben auf der Erde. Der Mensch ist schon da, wo sie in ungenügender Menge zur Verfügung steht, wie etwa im eisbedeckten Hochgebirge, nicht mehr voll leistungsfähig. Er wird von der Bergkrankheit befallen, die sich in Schwäche und Atemnot, in schweren Fällen in Erstickungszuständen äußert. Daß wir der Luft gemeinhin so wenig Beachtung schenken, liegt wohl in erster Linie daran, daß wir sie für gewöhnlich mit unseren Sinnen gar nicht mehr wahrnehmen. Sie ist ja unsichtbar und meist ohne irgendwelchen Geruch. Auch der Druck, den sie auf uns ausübt, bleibt uns unspürbar, da er allseitig wirkt. Aber auf jedes Quadratcentimeter Fläche drückt die darüberlagernde Luftsäule mit einer Kraft von einem Kilogrammgewicht. Ihr könnt euch leicht ausrechnen, welche Kraft da auf unserem Körper lastet! Sie wird nur ertragen, weil eine gleichgroße Gegenkraft ihr an jeder beliebigen Stelle des Raumes entgegengerichtet ist. Nur wenn wir einmal in einem Fahrstuhl uns sehr rasch aufwärts oder abwärts bewegen, dann bemerken wir ein Knacken im Ohr und müssen schlucken, weil sich mit der Höhe der äußere Luftdruck ändert und der Luftdruck in unserem Innern sich nicht

so schnell anpassen kann, zumal wenn wir den Mund geschlossen halten. Dann wird unser Trommelfell nach außen oder innen gepreßt, je nachdem ob wir nach oben oder unten fahren, und das macht sich als leichtes Knacken im Ohr bemerkbar. Die Luft wird uns auch fühlbar, wenn scharfe Windstöße gegen unser Gesicht blasen, so daß wir davon ganz rote Backen bekommen. Da merken wir, Luft ist etwas Stoffliches, nimmt einen Raum ein und hat ein bestimmtes Gewicht. Sie übt einen Druck aus. Sie umgibt unsere Erde ringsum als geschlossene Kugelschale. Wäre sie nicht vorhanden, wäre nicht nur unser Leben in Frage gestellt, es gäbe auch kein Wetter mit seinen vielfältigen Erscheinungen. Wolken würden sich nicht bilden können.

Woraus besteht nun diese Lufthülle? Sie ist ein Gemisch verschiedener Gase. Die einzelnen Anteile stehen zueinander in einem bestimmten, annähernd gleichbleibenden Gewichtsverhältnis. Wie wir heute wissen, gilt das auch für die hohen Luftschichten, wengleich im ganzen nach oben zu die Luft immer „dünner“ wird. Stickstoff und Sauerstoff sind die beiden wichtigsten Bestandteile, die bei weitem vorherrschen. Daneben kommen in ganz geringen Mengen eine Anzahl von seltenen Gasen vor. Sie werden als Edelgase bezeichnet und haben die chemische Eigentümlichkeit, daß sie mit anderen Stoffen kaum Verbindungen eingehen. Und schließlich ist die Kohlensäure zu erwähnen, die auf die unteren Schichten beschränkt bleibt und deren Anteil von Ort zu Ort stark schwankt. Überall da, wo Verbrennungsvorgänge unterhalten werden, wird Kohlensäure frei und der Luft zugeführt. Daher sind unsere Industriegebiete und Großstädte besonders starke Kohlensäurebezirke. Auch in der Nähe tätiger Vulkane und Mineralquellen ist der Kohlensäuregehalt der Luft größer als anderswo. Und wir selbst führen mit der Atmung der Luft dauernd Kohlensäure zu, so daß ihr Anteil in geschlossenen Räumen stark ansteigt. Alle

grünen Pflanzen nutzen dagegen den Kohlenstoff der Luft zum Aufbau ihrer Gewebe, indem sie mit Hilfe des Blattgrüns bei Sonnenlicht die Kohlensäure der Luft zu Zucker und Stärke umzuwandeln vermögen. Man könnte auf den Gedanken kommen, daß die großen Mengen von Pflanzen, die ständig auf unserer Erde emporgewachsen sind und teilweise als mächtige Torf- und Kohlenlager oft Jahrmillionen im Schoße der Erde ruhen, und andere, die ständig noch wachsen, mit der Zeit den Kohlensäurevorrat der Luft verringern müßten. Aber davon ist nichts zu spüren, weil er immer wieder ergänzt wird.

Auf den Sauerstoff sind alle atmenden Organismen angewiesen. Wir wissen, wie rasch unsere Leistungsfähigkeit und unser Wohlbefinden nachläßt, wenn wir uns längere Zeit in „verbrauchter Luft“ von überfüllten Innenräumen aufhalten müssen. Sauerstoff unterhält die Verbrennungsvorgänge und geht dabei chemische Verbindungen ein. Es bilden sich Oxyde. Trotzdem können wir auch keine Abnahme des Luftsauerstoffs feststellen, da bei andern Vorgängen wieder in ebenso reichem Maße Sauerstoff frei wird. Stickstoff, den wir als wesentlichen Baustein der Eiweißverbindungen kennen, welche die organische Substanz bilden, ist in der Atmosphäre wenig bei Umsetzungen beteiligt. Er verdünnt aber gewissermaßen den Sauerstoff und bewirkt dadurch, daß die die Lebensprozesse begleitenden chemischen Reaktionen nicht zu schnell ablaufen. Unsere chemische Großindustrie ist imstande, den Stickstoff aus der Luft zu gewinnen und führt damit der Wirtschaft einen wertvollen Rohstoff zu. Doch sei erwähnt, daß diese Leistung in der Natur gar nichts so Neues ist. Viele niedrige Bakterien verarbeiten den Luftstickstoff in entsprechender Weise.

Die in geringen Spuren in der Luft enthaltenen Edelgase wurden erst in neuerer Zeit festgestellt und für technische Zwecke verwendet. Daß sie auf Lebewesen oder Wettervorgänge Einfluß haben, hat sich nicht nachweisen lassen.

Es ergibt sich aus Untersuchungen in Bodennähe folgende prozentuale Zusammensetzung der Luft:

Stickstoff	78,09	Volumenprozent
Sauerstoff	20,95	„
Argon	0,93	„
Kohlensäure	0,03	„
Neon	0,0018	„
Helium	0,00053	„
Wasserstoff	0,0005	„
Krypton	0,0001	„
Xenon	0,000008	„

Ein Gas haben wir dabei außer acht gelassen, das in den folgenden Abschnitten eine sehr große Rolle spielen wird, nämlich den Wasserdampf. Er macht immerhin 0,25% aus, und er ist es, der für die Bildung von Wolken, Nebel und atmosphärischen Niederschlägen schlechterdings unentbehrlich ist. Unter den übrigen Gasen, die in der Atmosphäre vorkommen, tanzt er etwas aus der Reihe. Er verhält sich bei den vorkommenden Temperaturen gar nicht wie ein „ideales“ Gas, denn er kann plötzlich aus dem gasförmigen Zustand in den flüssigen oder auch in den festen hinüberwechseln. Dann entstehen aus unsichtbarem Gas plötzlich sichtbare Wassertröpfchen oder Eiskristalle, und wir sprechen von Wolken oder Nebel. Dieses unstete Verhalten räumt dem Wasserdampf in der Atmosphäre eine Sonderstellung ein. Er kommt vorwiegend in den unteren 20 km vor.

Schließlich sind der Luft noch winzige feste, flüssige und gasförmige Verunreinigungen in wechselnder Menge beigemischt. Uns allen wohlbekannt ist der Staub, den der Wind oder der Straßenverkehr vom Boden aufwirbeln. Hinzu kommt der Rauch, der tagtäglich aus unzähligen Schornsteinen emporsteigt. Ungeheure Mengen feinsten Rußteilchen werden dadurch in hohe Luftschichten befördert. Denken wir weiterhin an die Abgase und Verbrennungsrückstände der

Kraftwagen, der chemischen Fabriken, der Schwelereien, der Gaswerke und der Eisenbahn! Sie alle tragen beständig das ihre dazu bei, daß die Luft verunreinigt wird. Darum wirkt ja auf unsere Lungen die reine Luft am Meer oder im Hochgebirge so wohltuend! Auch im Walde ist die Luft bedeutend reiner als in der ihn umgebenden offenen Flur, denn der Wald wirkt infolge seiner lokalen Strömungsverhältnisse als ein natürliches Filter.

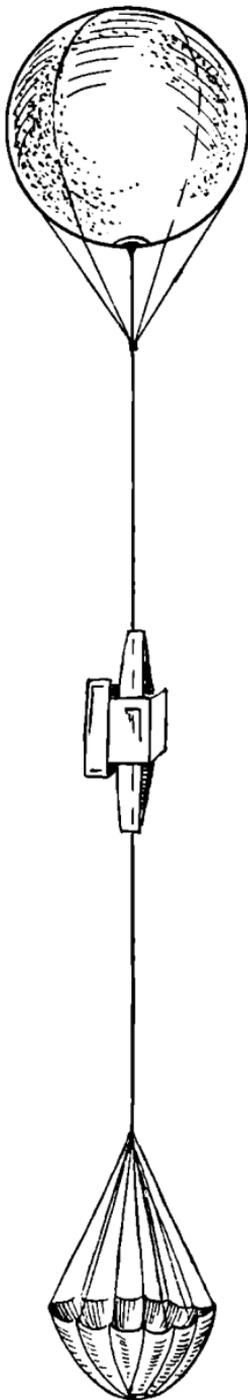
Die der Luft beigemischten Feinstteilchen haben große Bedeutung für die Wolkenbildung als Kondensationskerne. An ihnen lagert sich der Wasserdampf beim Übergang in den flüssigen Zustand an.

Wir Menschen leben am Grunde des „Luftozeans“ und sind vorläufig über seine „Tiefen“ erst recht wenig hinausgekommen! Denn was sind die wenigen Kilometer, die sich bisher der Mensch mittels technischer Hilfsmittel in die Atmosphäre zu erheben vermochte! Daher ist auch unser Wissen über die Atmosphäre noch sehr lückenhaft, wengleich sich gerade in den letzten Jahrzehnten unsere Vorstellungen wesentlich bereichert und zugleich gegenüber früher — wir können sagen — grundlegend gewandelt haben.

Von Bergbesteigungen wußte man seit langem, daß die Luft mit zunehmender Höhe immer dünner wird und daß der Luftdruck abnimmt. Etwa von 7 km Höhe an vermag der Mensch nur mit künstlicher Sauerstoffzufuhr zu leben, doch bereits in wesentlich geringeren Höhen stellen sich Beschwerden ein, die als Bergkrankheit bezeichnet werden und darauf beruhen, daß dem Organismus nicht mehr genügend Sauerstoff zur Verfügung steht. Aufstiege bemannter Ballone gelangen selten höher als bis zu 10 km. Mit dem Flugzeug wurden 16,4 km erreicht, mit Freiballonen mit luftdicht abgeschlossener Gondel sogar 23,4 km. Auch die unbemannten, mit registrierenden Instrumenten ausgerüsteten Ballone kamen nicht wesentlich höher. Es war eine bedeutende Leistung, als es in den Jahren 1933/36 mittels des sowjetischen Strato-

sphärenballons „Stratostat“ und des amerikanischen „Explorer II“ gelang, Luftproben und Messungen der meteorologischen Elemente aus Höhen bis 25 km zu erhalten. Das ist trotzdem noch wenig gegenüber der Gesamthöhe der Atmosphäre. Außerdem besagen solche Einzelbeobachtungen wenig, da sie stark von der geographischen Lage des Beobachtungsortes und von jahreszeitlichen und durch die Wetterlage bedingten Besonderheiten beeinflusst sein können.

Es bedeutet daher einen wesentlichen Fortschritt, daß es in den Nachkriegsjahren möglich geworden ist, mittels eines über die ganze Erde verbreiteten Netzes von Beobachtungsstationen, welches freilich in manchen Gebieten, besonders auf der Südhalbkugel und über den Weltmeeren, noch sehr weitmaschig ist, regelmäßig zu international vereinbarten Terminen Ballonaufstiege mit Registrierinstrumenten durchzuführen. Man bedient sich dazu der Radiosonden. Sie erreichen sehr große Höhen und gestatten dort Messungen des Druckes, der Temperatur und der Feuchtigkeit der Luft. Die Meßgeräte sind mit einem kleinen Kurzwellensender ausgerüstet, und so stehen an Bodenstationen die Meßwerte schon zur Verfügung, während der Ballon noch in der Luft ist. Zur Bestimmung des Windes in den verschiedenen Höhen läßt sich außerdem die Radiosonde anpeilen. Auf diese Weise erhält man täglich meteorologische Werte aus den unteren 30 Kilometern der Lufthülle; denn so hoch vermag meist der Ballon das Meßgerät emporzutragen, ehe er, da das Gas in seinem Innern sich mehr und mehr ausdehnt, platzt. Aber dann schwebt das Gerät an einem Fallschirm zur Erde nieder, und auch beim Abstieg werden die gemessenen Werte noch drahtlos ausgesandt. Auf diese Weise ist ein besonderer Zweig der Meteorologie entstanden, der sich mit den Erscheinungen der freien Atmosphäre beschäftigt, die Aerologie. Zur Verbesserung der Wettervorhersage werden gegenwärtig auf Grund des reichen zur Verfügung stehenden Materials aus höheren Luftschichten neben der Bodenwetterkarte auch



Radiosonde

Höhenwetterkarten oder „Topographien“ gezeichnet, die Aufschluß über die Strömungsverhältnisse in der Höhe und damit weitere Anhaltspunkte über die voraussichtliche Verlagerung der Störungen geben.

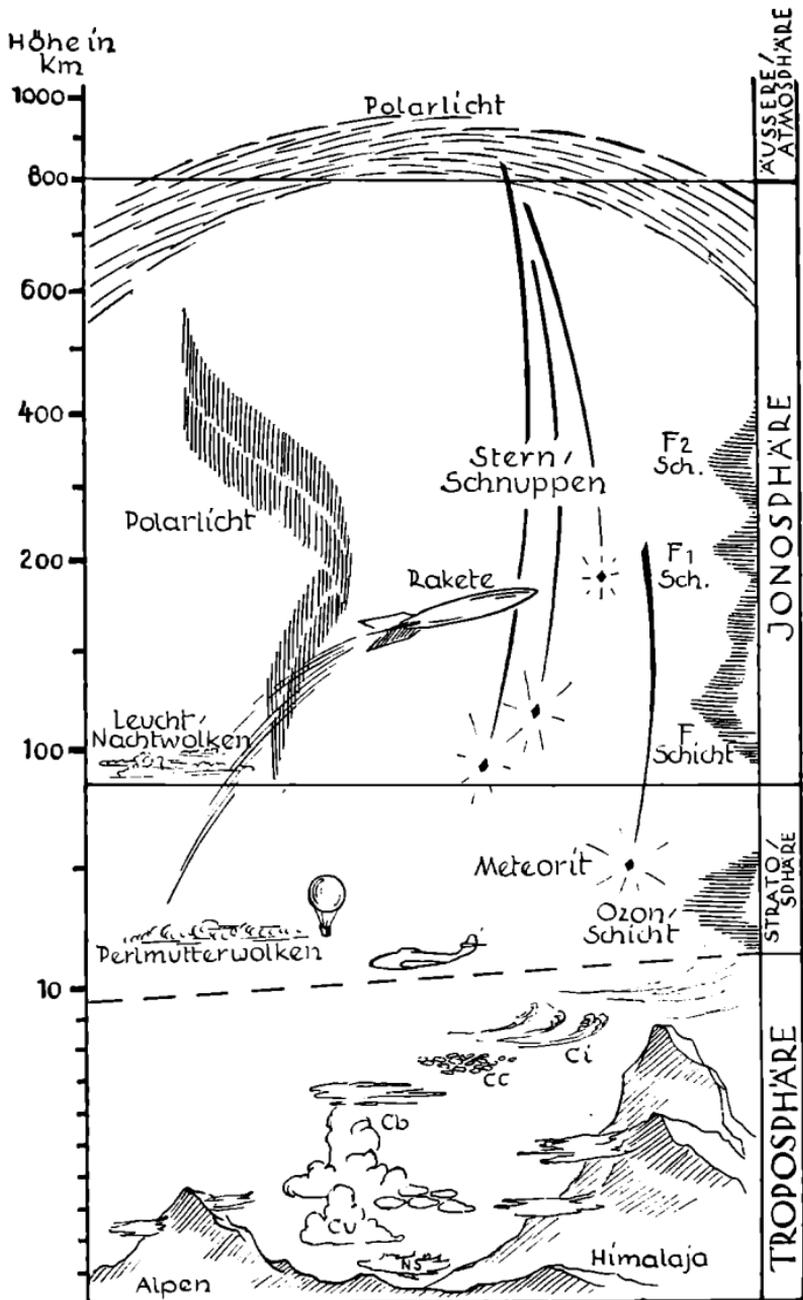
In allerjüngster Zeit hat man auch Raketen in den Dienst der Erforschung der hohen Atmosphäre gestellt. Sie sind ähnlich den Radiosonden mit Sendern ausgestattet und enthalten Meßgeräte für Luftdruck und Temperaturen sowie Intensität der Strahlung. Man wählt außerordentlich empfindliche und rasch sich einstellende Instrumente, denn die Rakete durchheilt die Luft mit sehr hohen Geschwindigkeiten. Außerdem wird die Luft in der Flugbahn stark verwirbelt und komprimiert. Infolgedessen sind Verfälschungen der Ergebnisse unvermeidbar. Es ist daher noch sehr fraglich, ob die Rakete wirklich das ideale Meßgerät darstellt und ihr auf dem Felde der Stratosphärenforschung die Zukunft gehört.

Für die Höhen oberhalb von 30 Kilometern war man bisher auf indirekte Schlüsse angewiesen, die man aus der Untersuchung verschiedener Himmelserscheinungen gewann. Man bediente sich dabei mit Erfolg der Spektralanalyse. Sie beruht darauf, daß jeder irdische Grundstoff, sofern man ihn zum Glühen bringt, Strahlen ganz

bestimmter Wellenlänge aussendet. Läßt man weißes Licht durch ein Prisma hindurchgehen, so werden die verschiedenen Anteile infolge ihrer unterschiedlichen Wellenlänge verschieden gebrochen, und es entsteht auf einem dahinter gehaltenen Schirm ein farbiges Spektrum. Das Sonnenspektrum mit den Regenbogenfarben ist uns ja bekannt. Jeder Grundstoff ist uns nun durch bestimmte Linien gekennzeichnet, die immer an ganz charakteristischen Stellen des Spektrums auftauchen. Es läßt sich darum bei jeder Lichterscheinung aus ihrem Spektrum nach den darin erkenntlichen Linien angeben, welche Stoffe dabei beteiligt sind. Doch ergeben sich Unterschiede, je nachdem ob es sich um selbstleuchtende Substanzen handelt oder aber um Gase, die von der Strahlung durchdrungen werden. Im ersten Fall, beim Emissionsspektrum, beobachtet man leuchtende, farbige, im zweiten hingegen, beim Absorptionsspektrum, ergeben sich an derselben Stelle dunkle Linien. Auf diese Weise wurden die Spektren der Sternschnuppen und Meteore, der Polarlichter und des sogenannten Nachhimmelslichts untersucht. War nun die Höhe der Leuchterscheinung bestimmt worden, so ergab das Spektrum Hinweise über die in jener Höhe anzutreffenden Gase.

Endlich hat einen wesentlichen Beitrag zur Aufhellung der Probleme die Funktechnik geleistet. Kurz- und Ultrakurzwellen und ihre Reflektionen an hohen elektrisch leitenden Schichten haben uns über den Aufbau der höchsten Schicht der Atmosphäre unterrichtet.

Wie hoch reicht nun unsere Atmosphäre, und wo beginnt der Weltenraum? Man darf sich da keine schroffe Grenze vorstellen. Die Lufthülle wird nach oben zu immer dünner, das heißt, die Dichte der Luftmoleküle im Raum nimmt ständig ab. Schließlich berühren sie sich nur gelegentlich noch bei ihren Bewegungen, und wir können von einem „leeren Raum“ sprechen. Demzufolge wird in großen Höhen auch der Luft-



Aufbau der Atmosphäre

druck unmeßbar gering. Mit Raketen hat man in 120 Kilometern Höhe einen Druck von nur vier Millionstel Millimeter Quecksilbersäule gemessen. Und dieser Wert scheint eher noch zu hoch gegriffen! Wir rechnen heute die Atmosphäre bis zu einer Höhe von 800 Kilometern. Dort sind nur noch ganz wenig Gasmoleküle vorhanden. Gelegentlich werden sie selbst in noch größere Höhen emporgetragen. Doch dann ist die Schwerkraft unserer Erde nicht mehr imstande, diese Teilchen zu halten, und sie entschwinden in den Weltraum. Unsere Atmosphäre ergänzt sich jedoch in den unteren Schichten und bleibt in ihrem Bestand nahezu unveränderlich im irdischen Schwerfeld festgehalten.

Wir unterscheiden drei Stockwerke. Die unterste Schicht ist 8 bis 12 Kilometer hoch. In ihr spielt sich das Wetter ab, und in ihr finden sich die Wolken. Sie wird als Troposphäre bezeichnet. Darüber erstreckt sich bis zu etwa 90 Kilometer Höhe die viel weniger durchmischte Stratosphäre. Ihr schließt sich als oberstes und räumlich ausgedehntestes Stockwerk die über 700 Kilometer mächtige Ionosphäre an. Im Verhältnis zu ihrer riesigen Erstreckung enthält sie nur sehr wenig Materie.

Der Name Ionosphäre rührt daher, daß hier die Luftmoleküle und Atome zu einem großen Teil unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung Träger elektrischer Ladungen geworden sind, und das bezeichnet man mit einem Fachausdruck als Ionisation. Die hohe Atmosphäre wird schichtweise elektrisch leitend, und an solchen Schichten, zu denen auch die häufig genannte Kennely-Heavisideschicht zwischen 80 und 150 Kilometer Höhe gehört, werden beispielsweise von der Erde ausgestrahlte Kurzwellen zurückgeworfen. In der Ionosphäre treten auch die Nordlichterscheinungen auf. Es handelt sich dabei um von der Sonne ausgesandte, elektrisch geladene Teilchen, die unter dem Einfluß des Magnetfeldes der Erde nach den polnahen Gebieten hin abgelenkt werden und hier zum Leuchten gelangen. Mittels

der bereits erwähnten spektralanalytischen Methode konnte man die Zusammensetzung der Luft in der Umgebung der Polarlichter untersuchen. Vorwiegend wurden Spektrallinien gefunden, die vom Stickstoff und Sauerstoff herrühren. Die vielgenannte „grüne Nordlichtlinie“ beispielsweise wurde als Sauerstofflinie identifiziert. Wolken wurden in der Ionosphäre nirgends angetroffen.

Früher nahm man an, daß in der Stratosphäre die Luft in ruhiger Schichtung sozusagen „bewegungslos“ verharre. Daher gab man diesem Bereich den Namen „Stratosphäre“ im Gegensatz zu der bewegten und stark durchmischten Troposphäre. Heute wissen wir jedoch, daß auch in diesen Höhen Winde vorkommen und sogar mit recht erheblicher Geschwindigkeit. Auch Strömungen in senkrechter Richtung müssen in großem Umfange auftreten.

Eine besondere Erscheinung der Stratosphäre stellt das Ozon dar, das vor allem zwischen 20 und 50 Kilometer Höhe anzutreffen ist. Ozon ist bekanntlich eine besondere Form des Sauerstoffs. Während normalerweise jeweils zwei Gasmoleküle miteinander vereint sind, sind es beim Ozon drei. Elektrische Entladung und Einwirkung von ultravioletten Strahlen vermögen den Sauerstoff der Luft teilweise in Ozon überzuführen. Es hat einen ganz eigenartig scharfen Geruch, der bei geringer Konzentration außerordentlich erfrischend wirkt und zu tiefer Atmung anregt. Wir können ihn oft nach Gewittern wahrnehmen. Auch bei Höhensonnenbestrahlung entsteht er regelmäßig. In der hohen Atmosphäre ist die ultraviolette Sonnenstrahlung die Ursache der Bildung von Ozon. Dieses Ozon seinerseits hat wieder die Eigenschaft, Wärme zu speichern. Daher kommt es in diesen Höhen zu einer starken Erwärmung der Lufthülle bis auf etwa + 50 Grad Celsius. Das überrascht außerordentlich, denn an der unteren Grenze der Stratosphäre in 10 bis 15 Kilometern beobachtet man Temperaturen zwischen — 45 und — 65 Grad Celsius. Wir fragen, ob es in der Stratosphäre Wolken

gibt. Das ist zu bejahen, doch muß sogleich hinzugesetzt werden, daß sie keineswegs häufig vorkommen und auch keine regelmäßige Erscheinung sind. Selbst in Höhen von 80 Kilometern werden gelegentlich noch Wolken wahrgenommen. Das sind die leuchtenden Nachtwolken oder Silberwolken. Woraus sie eigentlich bestehen, ist noch immer nicht restlos geklärt. Man hat sie als vulkanischen Staub zu deuten versucht, der bis in diese großen Höhen emporgeschleudert worden sei. Dafür schien vor allem zu sprechen, daß sie des öfteren unmittelbar nach großen Vulkanausbrüchen — besonders eindrucksvoll nach dem gewaltigen Ausbruch des Krakatau im Jahre 1883 — durch viele Monate hindurch am nächtlichen Himmel zu beobachten waren. Aber auch an Massen kosmischen Staubes wurde gedacht. Neuerdings glauben sowjetische Forscher, daß es sich sogar um Wasserwolken handeln könne. Diese könnten bei den hohen Temperaturen dieser Schichten sehr wohl vorkommen, sofern gelegentlich Wasserdampf bis in diese Höhen gelangt.

Wirkliche Wasserdampf Wolken sind aber auf alle Fälle eine andere Art der stratosphärischen Wolken, die bisweilen in Höhen um 25 Kilometer vorkommen und noch lange nach Sonnenuntergang in herrlichen, perlmutterähnlichen Farben erstrahlen, die Perlmutterwolken. Doch auch sie sind recht selten und bisher noch keineswegs überall auf der Erde beobachtet worden. Verhältnismäßig häufig scheinen sie im nördlichen Norwegen vorzukommen und sind offenbar an gewisse Strömungsverhältnisse der hohen Atmosphäre gebunden.

Die eigentliche „Wetterküche“ aber ist die Troposphäre. Hier sind beständig Bewegungen, bald in der Horizontalen, bald in der Vertikalen, im Gange, die die Luftmassen verlagern und durcheinanderwirbeln. Sie erzeugen die Wettererscheinungen. Ihnen verdanken auch die Wolken ihre Entstehung und Auflösung. In allen Höhen der Troposphäre

kommen Wolken vor, sie können sogar dem Erdboden unmittelbar aufliegen; dann sprechen wir von Nebel. Doch sind für gewöhnlich die unteren tausend Meter über der Erde frei von Wolken. Aber die Untergrenze der Bewölkung liegt doch sehr verschieden hoch. Manchmal sind es bloß 100 Meter, ein andermal mehr als 2000 Meter. Das richtet sich ganz nach der Temperatur der Luft und der in ihr vorhandenen Feuchtigkeit. Die wolkenfreie untere Schicht wird auch als Grundsicht bezeichnet. Von dieser Grundsicht bis zur Untergrenze der Stratosphäre, der Tropopause, erstreckt sich der eigentliche Bereich der Wolken. Er wird als Konvektionsschicht bezeichnet. In dieser Schicht sind Auf- und Abwärtsbewegungen anzutreffen, die unter dem Begriff der Konvektion zusammengefaßt werden. Ihr verdanken Quell- und Gewitterwolken ihre Entstehung. Der Troposphäre wird vor allem unsere Aufmerksamkeit zugewandt sein. Doch befassen wir uns zunächst noch etwas eingehender mit dem Wasser in der Atmosphäre.

WASSER IN DER ATMOSPHERE

Das Wasser gehört nicht zu den Stoffen, die beständig in der Atmosphäre verharren. Daher konnten wir den Wasserdampf nicht mit den übrigen Gasen, die die Luft zusammensetzen, gleichordnen. Er verhält sich völlig anders. Während jene beispielsweise in allen Höhen der Luft in annähernd gleichbleibenden gegenseitigen Verhältnissen beigemischt sind, läßt sich für ihn keine feste Maßzahl angeben. Sein mengenmäßiger Anteil ändert sich fortwährend von Ort zu Ort, von Zeit zu Zeit. Praktisch kommt er nur in den unteren 20 Kilometern der Atmosphäre vor. Auch sind die Mengen im allgemeinen gering. Trotzdem ist er in den unteren Schichten von größter Bedeutung für unser Wetter. Wäre er nicht vorhanden, so gäbe es allenfalls Winde und Wärmeunterschiede, aber keine Wolken und keine Niederschläge, und die Erde wäre unwirtlich und öde.

Der Wasserdampf unterscheidet sich von den anderen atmosphärischen Gasen dadurch, daß er bei den normalerweise im Laufe des Jahres in den unteren Luftschichten vorkommenden Temperaturen seine Erscheinungsform, seinen Aggregatzustand, ändert. Er tritt uns daher bald als Gas, bald in fester Form als Schnee- oder Eiskristall, bald in flüssiger als Wassertropfen entgegen. Dieser beständige Wechsel seiner Gestalt läßt ihn in gewissem Grade „unberechenbar“ werden. Darin liegt eine der Hauptschwierigkeiten für die Vorhersage des künftigen Wetters.

Der Name Wasserdampf ist, streng genommen, irreführend, denn wir stellen uns für gewöhnlich unter Dampf etwas Sichtbares vor, wie den Dampf, der dem Schornstein einer Lokomotive entquillt. Was wir da sehen, ist aber kondensiertes Wasser, eine Unmenge feinverteilter, winziger Wassertropf-

chen. Das sind regelrechte Wolkenbildungen, wie wir ja auch von „Dampf Wolken“ sprechen. Der gasförmige Wasserdampf der Atmosphäre aber ist, genau wie der Wasserdampf noch unmittelbar über dem Rande des Schornsteins, völlig unsichtbar.

Je wärmer die Luft ist, um so mehr Wasserdampf vermag sie aufzunehmen. Darum schüttet ein sommerlicher Gewitterguß oft so erhebliche Wassermassen über uns aus. Darum sind überhaupt die Niederschläge der warmen Jahreszeit meist bedeutend größer als die des Winters, obwohl sich diese oft über längere Zeiten erstrecken. Die wärmere Luft hatte eine bedeutend größere Menge Feuchtigkeit aufgenommen. Darum haben wir überhaupt bei uns in den Sommermonaten die größte Niederschlagsmenge zu verzeichnen. Das überrascht vielleicht im ersten Augenblick, denn die größte Zahl an Tagen mit Niederschlägen entfällt auf die Monate November bis Februar. Es liegt aber daran, daß warme tropische und subtropische Luft die meiste Feuchtigkeit mit sich trägt, besonders, wenn sie einen langen Weg über das Meer zurücklegen mußte. Bei uns in Mitteleuropa sind infolgedessen die maritimen Tropikluftmassen, das sind die, welche vom mittleren Atlantik oder aus dem Mittelmeergebiet zu uns gelangen, die ergiebigsten Niederschlagsspenden. Im späten Frühjahr bringen uns solche Luftströmungen, die aus dem Mittelmeerraum über Europa zu uns gelangen, heftige, lang anhaltende Landregen, die im Raum zwischen Elbe und Oder des öfteren gewaltige Überschwemmungen hervorrufen.

Bei tiefen Temperaturen ist die Menge an Wasserdampf, die die Luft aufzunehmen vermag, verschwindend klein. Daraus wird uns verständlich, warum in der hohen Atmosphäre so wenig Wasserdampf vorhanden ist. Bei -20 Grad Celsius kann 1 cbm Luft maximal 0,88 Gramm Wasserdampf speichern, bei 0 Grad Celsius 4,84 Gramm, bei $+10$ Grad Celsius bereits 9,4 Gramm. Der Wert erhöht sich bei $+20$ Grad Celsius auf 17,3 Gramm und bei $+30$ Grad Celsius

auf 30,4 Gramm. Die letzten Werte würden also für den Sommer, die ersten für den Winter charakteristisch sein. Es handelt sich also um recht beträchtliche Unterschiede. Freilich ist dabei noch zu bedenken, daß die atmosphärische Luft normalerweise nicht mit Wasserdampf gesättigt ist, sondern weit weniger enthält, als diese Höchstwerte angeben. Sonst hätten wir ja um uns her immer Nebel und Niederschläge. Nun ist aber für gewöhnlich die Wolkenbildung immer auf bestimmte Schichten der Atmosphäre beschränkt und nur in Ausnahmefällen am Erdboden selbst zu beobachten.

Die vorhin angewandte Art, den Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Gramm auf das Kubikmeter Luft anzugeben, bezeichnet ihren absoluten Feuchtigkeitswert. Es wird gelegentlich genau wie der normale Luftdruck auch der Druck des Wasserdampfes in Millimetern Quecksilbersäule gemessen, denn der gasförmige Wasserdampf erfüllt ja wie jedes Gas einen bestimmten Raum und übt einen Druck aus. Daraus ergibt sich eine merkwürdige Tatsache.

Aus dem Alltag sind wir gewohnt, daß ein Gegenstand, den wir befeuchten, schwerer wird, weil der Gehalt an Feuchtigkeit hinzukommt. Meist hat sich der Gegenstand sogar wie ein Tuch oder ein Schwamm vollgesaugt und fühlt sich außerdem feucht an. Anders verhält es sich bei der Luft! Sie fühlt sich nicht im geringsten „naß“ an. Der Wasserdampf, der sich der Luft beigemischt hat, ist leichter, und so ist auch das ganze Gemisch leichter. Es stehen trockene Luft zu gesättigt feuchter Luft im Verhältnis 8:5 oder anders gesagt, ein Kubikmeter feuchter Luft hat nur fünf Achtel des Gewichtes von trockener Luft. Wir müssen also feststellen, feuchte Luft ist leichter als trockene.

Im allgemeinen braucht man aber nicht das Maß der absoluten Feuchte, sondern es genügt zu wissen, in welchem Grade die Luft mit Feuchtigkeit durchsetzt ist. Dieser Wert ist verhältnismäßig einfach zu bestimmen.

Ein entfettetes Haar ist sehr empfindlich gegen Feuchtigkeit,

weil seine Wandungszellen sich bei der Aufnahme von Wasser gleichmäßig ausdehnen und das Haar länger wird. Beim Trocknen zieht es sich wieder zusammen. Auf dieser Eigenschaft beruht das Feuchtemeßgerät oder Hygrometer. Es ist höchst einfach gebaut. Es besteht aus einem ausgespannten Haar, dessen eines Ende mit einem Hebelmechanismus in Verbindung steht, so daß die Dehnung oder Zusammenziehung auf einen Zeiger übertragen werden kann, welcher auf einer Skala die relative Feuchte abzulesen gestattet. Wenn wir also sagen, die relative Feuchte betrage 70 Prozent, so heißt das, daß im betreffenden Falle an der Feuchtesättigung der Luft noch 30 Prozent fehlen.

Als Wichtigstes der vorangegangenen Betrachtung haben wir festgehalten, daß die Feuchtigkeit der Luft nicht sichtbar ist, so lange sie nicht feste oder flüssige Gestalt angenommen hat. Erst dann erscheint sie uns in Nebel oder Wolken. Doch gibt es eine Art Vorstadium der eigentlichen Bewölkung, und ich bin sicher, daß auch ihr es schon erlebt habt.

Wenn man etwa an einem schönen Herbsttage in den frühen Morgenstunden durch den Wald wandert, taufeucht am Boden die Blätter der Kräuter und die Grasstengel glänzen, die Sonne sich erst eben erhoben hat und ihre schrägen Strahlen durch das Blätterdach der Baumkronen fallen, zeichnen sich die Strahlen wundervoll ab im starken Dunst, der sich unterhalb der Wipfel angereichert hat. Es ist noch kein Nebel, dafür ist die Sicht zu gut. Die Tröpfchen, die sich gebildet haben, sind noch zu winzig, um als Wolkenbildung in Erscheinung zu treten. Es muß sich um ganz winzige Tröpfchen handeln. Die Kondensation in der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft hat eben erst eingesetzt (Bild 2).

Oder es ist ein Schönwettertag im Sommer. Es kann auch im Frühjahr oder Herbst sein. Viele Quellwolken ziehen über den Himmel und verdecken von Zeit zu Zeit die Sonne. Durch Lücken und an den Rändern der Wolken brechen ihre Strahlen hervor. Und es zeichnet sich deutlich ein Strahlen-

kranz ab, der nach außen hin auseinanderläuft. „Die Sonne zieht Wasser“, sagen die Leute, „es wird Regen geben“. Der Sachverhalt ist ähnlich wie im morgendlichen Walde. Die unteren Luftschichten sind mit Feuchtigkeit gesättigt, so daß der geringste Anstoß zu Kondensationserscheinungen führt, zunächst zu einem starken Dunst. Mit zunehmender Erwärmung im Laufe des Tages wird sich bei solcher Wetterlage auch die Wolkenbildung verstärken, und damit ist die Möglichkeit zu Niederschlägen gegeben.

Wie kommt überhaupt das Wasser in die Atmosphäre? Beständig verdunstet es an der Oberfläche der Erde. Unter dem Einfluß der wärmenden Sonnenstrahlen geht das Wasser aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand über, wie man nach jedem Regen beobachten kann, wenn die Dächer und Straßen wieder trocken werden. Über den riesigen Wasserflächen der Weltmeere verdunsten unablässig große Mengen Feuchtigkeit und werden von der Luft aufgenommen. Die für die Verdunstung benötigte Wärme wird der Luft entzogen. Es entsteht eine merkbare Abkühlung, die gleiche, die uns so angenehm erquickt, wenn wir uns im Sommer am Wasser der „Verdunstungskälte“ erfreuen.

Durch kräftige Bewegung der Luft wird die Verdunstung erheblich gesteigert. Daher wird bei frischem Winde Mutters Wäsche rascher trocken. Der Wind muß aber selbst trocken sein. Ist die Luft an sich schon sehr feucht, so kann nur wenig verdunsten, weil die Luft bei bestimmter Temperatur nur einen Höchstbetrag, die Sättigungsmenge an Feuchtigkeit, aufnehmen kann.

Es wird vorausgesetzt, daß überhaupt genügend Naß vorhanden ist. Wenn in trockenen Sommern wochenlang kein Tropfen Regen gefallen ist, wird der Boden staubdürr oder verkrustet, und von Feuchtigkeit ist rein gar nichts mehr zu spüren. Unter Umständen ist sogar der Grundwasserspiegel beträchtlich zurückgegangen. Dann kann nur ganz wenig

verdunsten, weil jeder Nachschub fehlt, obwohl die Luft große Mengen aufzunehmen imstande wäre. Gering ist natürlich die Verdunstung auch bei kühlem Wetter und im Winter. Zur sommerlichen Verdunstung tragen die Pflanzen reichlich bei. Dem Boden entnommene Nährsalzlösungen werden beständig durch den Stengel in die Blattorgane emporgesaugt, die ihre Feuchtigkeit an die Luft abgeben. Reiche Pflanzenbestände erhöhen die Luftfeuchtigkeit. Ganz besonderen Wert haben in dieser Hinsicht die Wälder. In der Sowjetunion hat man in Erkenntnis dieser Tatsache feldschützende Waldstreifen in Steppengebieten angelegt, um das ungünstige Klima solcher Räume zu verbessern.

WIE WOLKEN ENTSTEHEN

Am Morgen war der Himmel strahlend blau und wolkenlos. Nach Meinung des Rundfunks sollte das heitere Hochdruckwetter anhalten. Mit dem Aufzug einer Störung war vorerst noch nicht zu rechnen, hingegen war von „zunehmender Gewitterneigung“ die Rede.

Gegen zehn Uhr kamen kleine Quellwölkchen auf, wie schon in den letzten Tagen. Doch heute begannen sie zu wachsen und sich tüchtig aufzutürmen. Gegen Mittag hatte sich fast der ganze Himmel umzogen, und vorübergehend schwand die Sonne.

Woher kamen mit einem Male die vielen Wolken? Es war im ganzen noch die gleiche Wetterlage wie an den Vortagen, und doch war sie irgendwie anders!

Dazu müssen wir uns einmal überlegen, wie Wolken überhaupt zustandekommen. Wir haben einige wesentliche Voraussetzungen dafür kennengelernt. Zunächst muß Wasser in der Luft enthalten sein. Die Bildung von Wolken hängt ab von der relativen Luftfeuchtigkeit. Kühlt sich dann die Luft bis zum Taupunkt ab, schlägt sich der Wasserdampf in Form feiner Tropfen nieder; er beginnt zu kondensieren. So ist es, wenn die Fensterscheiben beschlagen, weil es draußen kalt wird, oder wenn im Sommer das Glas mit tiefgekühlter Limonade außen beschlägt. Beim nächtlichen Taufall vollzieht sich der gleiche Vorgang an der Erdoberfläche, die des Nachts durch Wärmeabgabe auskühlt und nun auch die darüber befindliche Luft ihrerseits abkühlt. An kalten Wintertagen können wir einen ähnlichen Kondensationsprozeß an den Schleimhäuten unserer Nase wahrnehmen, der recht lästig sein kann. Wenn wir bei raschem Gehen die warme, feuchte Luft aus unseren Lungen hastig



1 Aufgelockerter Stratocumulus. „Die Sonne zieht Wasser.“

2 Fröhndunst im morgendlichen Herbstwald





3 Talnebel (Saaletal)

4 Flache Schönwettercumuli (Mecklenburg)

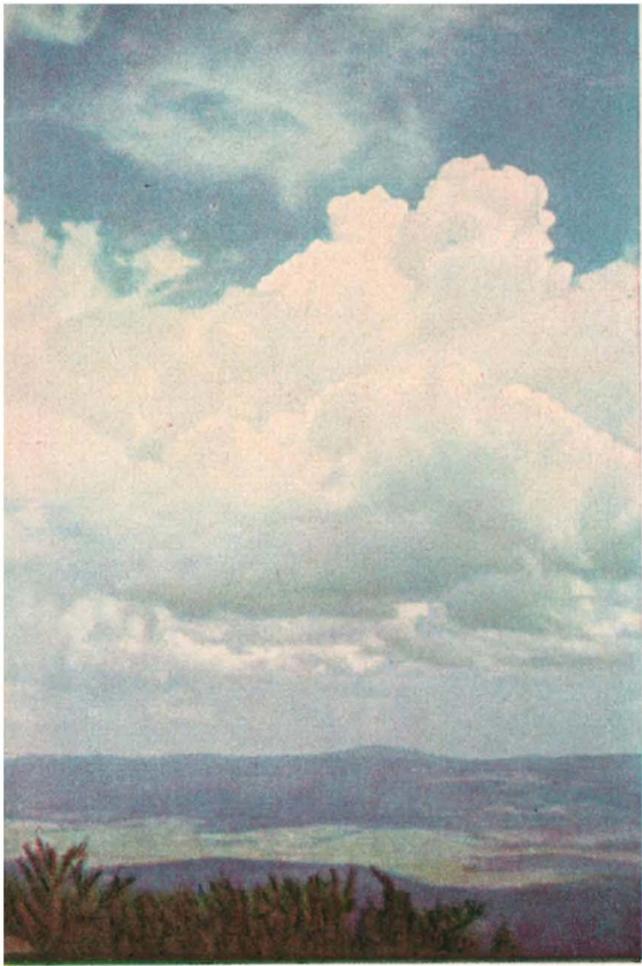




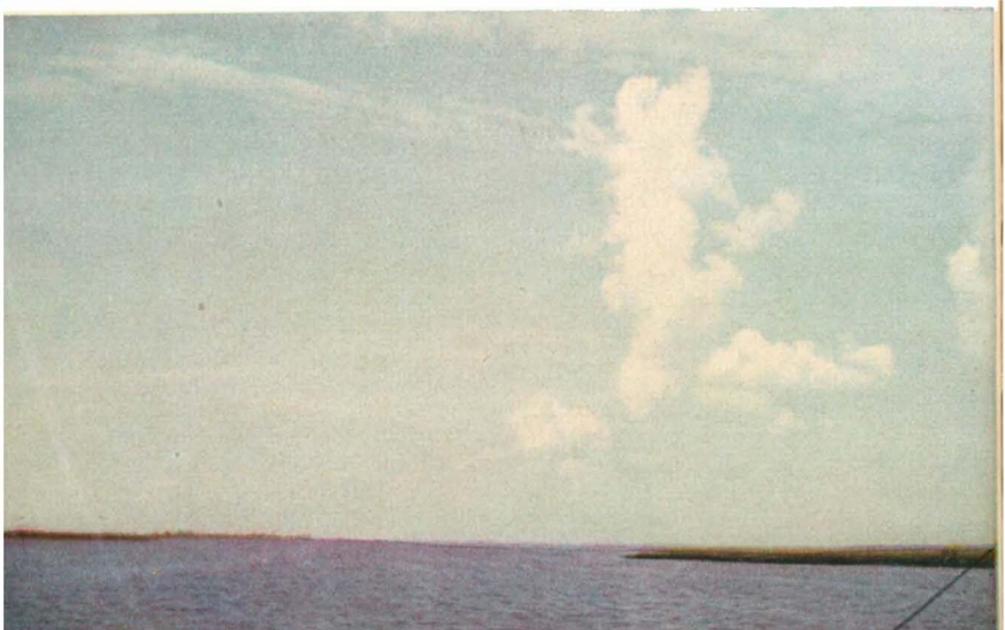
5 Starke Quellwolkenbildung (Thüringen)

6 Quellwolken in Zusammenhang mit Seewind (Rügen)





7 Haufenwolken über
einem Gebirgskamm
(Thüringer Wald)



8 Emporschießen von
Quellwolken über See
(Hiddensee)

ausstoßen, so schlagen sich Wassertröpfchen an den kalten Innenwänden der Nase nieder, und die „Nase beginnt zu tropfen.“ Geht der Wasserdampf erst vor der Nase oder vor dem geöffneten Munde in flüssige Form über, so sehen wir unseren „Atemhauch“. Es entsteht eine Art Nebel oder eine Wolke, nur sind die einzelnen Wassertröpfchen viel zu winzig, als daß wir sie mit bloßem Auge erkennen könnten. Damit Wolken entstehen, müssen zweitens feste oder flüssige Gebilde vorhanden sein, an die sich die Wassertröpfchen ansetzen können; das sind die bereits erwähnten Kondensationskerne. Sie sind außerordentlich klein. Ihre Größe schwankt zwischen $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{1\,000\,000}$ Millimeter. Es sind Stoffe ganz verschiedener Art, etwa all das, was man im allgemeinen als Verunreinigung der Luft bezeichnet. Dazu rechnen vor allem aufgewirbelte Staubteilchen, Verbrennungsprodukte wie Ruß- und Ascheteilchen, die besonders über Großstädten und Industriegebieten reichlich in der Luft vorhanden sind. Weiter gehören dazu wasserlösliche Substanzen, wie Salzpartikel aus den Meeren, Abgase und Säurereste, und schließlich sind Ionen zu erwähnen. Das sind unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung elektrisch leitend gewordene Luftmoleküle und Atome.

Der Gehalt an Kondensationskernen ist starken Schwankungen unterworfen und sehr von der Örtlichkeit und der Luftmasse abhängig. Demzufolge schwankt auch die Zahl der Wassertröpfchen, die sich bilden können. In 1 ccm Wolkenluft sind normalerweise zwischen hundert bis tausend Tröpfchen enthalten; natürlich hängt das auch von der Größe der Tröpfchen ab. Fehlen Kondensationskerne, so ist eine etwa vier- bis fünffache Übersättigung der Luft mit Wasserdampf erforderlich, ehe sich überhaupt Tropfen bilden. Darauf beruht die Tatsache, daß die Wolken in der Atmosphäre stockwerkweise gehäuft vorkommen. Zwischen den Wolkenniveaus liegen unter Umständen weite, wolkenfreie Zwischenschichten.

Die dritte Voraussetzung für die Entstehung von Wolken ist, daß die Luft so weit abgekühlt wird, bis sie den Taupunkt erreicht. Erst dann kann die Ausscheidung des Wassers einsetzen. Meist ist sogar eine noch etwas tiefere Temperatur erforderlich. Wie wird nun diese notwendige Abkühlung erreicht? An schönen Sommertagen beobachten wir ja gerade, daß im Laufe des Tages, also mit zunehmender Erwärmung, immer mehr Wolken am Himmel erscheinen. Im ersten Augenblick klingt das widerspruchsvoll. Doch vergegenwärtigen wir uns den Vorgang, um den es sich hier handelt, einmal genau! Die Sonne erwärmt zunächst nicht die Luft, sondern ihre Strahlen gehen zum großen Teil durch sie hindurch bis zum Erdboden, welcher aufgeheizt wird. Dieser gibt nunmehr Wärme an die über dem Boden befindliche Luft ab. Dadurch erst wird diese erwärmt. Sie dehnt sich aus, wird leichter als die darüber befindlichen Schichten und steigt empor. Die Aufwärtsbewegung kann bis zu mehreren tausend Metern betragen. Sie ist davon abhängig, wie stark der Boden erwärmt wird, wird daher mit steigender Sonne immer beträchtlicher und klingt dann im Laufe des Nachmittags allmählich wieder ab. Nun könnte man meinen, alles andere sei selbstverständlich. Die Luft in der Höhe ist kälter als unsere vom Boden her aufsteigende, und so wird diese abgekühlt und dabei schließlich die zur Wolkenbildung nötige Sättigungstemperatur erreicht. Aber so einfach ist es nicht! Denn die Luft, und das gilt für Gase überhaupt, ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. Wenn nicht durch irgendwelche Strömungsvorgänge eine völlige Durchmischung verschieden warmer Gase zustandekommt, bleiben Temperaturunterschiede in ruhig nebeneinander befindlichen Gasen erhalten. Es vollzieht sich kein Temperatúrausgleich. Der Wärmeaustausch unseres aufsteigenden Luftpakets mit der Umgebung ist daher verschwindend gering. Nur nach verhältnismäßig langer Zeit könnte eine Abkühlung zustande kommen. Es geschieht aber etwas anderes.

Die Luft wird mit zunehmender Höhe immer dünner. Unser Luftquantum kommt also beim Aufsteigen unter immer geringeren Luftdruck und dehnt sich demzufolge aus. Diese Ausdehnung bewirkt eine deutliche Temperaturerniedrigung, und so wird schließlich der Taupunkt erreicht.

Der Vorgang ist wahrscheinlich an einem umgekehrten Beispiel leichter zu begreifen. Wenn man Luft in einem abgeschlossenen Raum zusammendrückt, entsteht Wärme. Das ist jedem von der Fahrradluftpumpe her geläufig. Wenn man kräftig den Reifen aufpumpt, wird die Pumpe am unteren Ende allmählich spürbar heiß. Das ist die beim Zusammenpressen eines Gases entstehende *Kompressionswärme*. Und anderseits entsteht durch Ausdehnung Kälte. Vielleicht ist euch bei einer Reifenpanne schon einmal aufgefallen, daß der dünne Luftstrahl, der durch eine nadelfeine Öffnung des schadhaften Schlauches hervortrat, außerordentlich kühl war, selbst wenn ihr stundenlang in glühender Hitze gefahren waret. Das kam daher, daß die Luft innerhalb des Schlauches unter hohem Druck stand und sich nun rasch entspannte. Entsprechend ist es also bei rasch aufsteigender Luft, die sich nicht mit der Umgebung vermischen kann. Es entsteht *Expansionskälte*. Solche Prozesse bezeichnen wir als *adiabatisch*. Dieses aus dem Griechischen kommende Fremdwort bedeutet so viel wie „nicht hindurchgehend“ und soll die eben beschriebene Tatsache, daß kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet, zum Ausdruck bringen. Ungesättigte Luft kühlt sich in aufsteigender Strömung auf je hundert Meter um ein Grad ab. Das sind bei zwei Kilometern Höhenunterschied, wie es in der Atmosphäre nicht selten vorkommt, 20 Grad Celsius.

Nun entstehen aber Wolken nicht nur infolge Erwärmung der Erdoberfläche und dadurch eingeleitete Vertikalbewegungen. Gerade bei schlechtem Wetter ist der Himmel dick mit Wolken bezogen, und die wärmende Sonne, die eine vertikale Konvektionsbewegung in Gang bringen könnte, fehlt. In

diesem Falle schafft die Atmosphäre auf andere Weise Möglichkeiten, daß vertikale Bewegungen eintreten können. Im Wettergeschehen treten bekanntlich Luftmassen aus subtropischen und polaren Gebieten miteinander in Wechselwirkung. An den Stellen, an denen sie aneinandergrenzen, bilden sich geneigte Gleitflächen, längs deren die eine Luft, und zwar die wärmere und leichtere, auf die andere „aufgleitet“. Oder aber andringende Kaltluft schiebt sich unter eine wärmere Luftmasse und hebt diese infolgedessen vom Boden, so daß deren Luftteilchen sich wegen dieser erzwungenen Aufwärtsbewegung ausdehnen und somit abkühlen. Von solchen Gleitflächen werden wir noch ausführlicher zu sprechen haben, sie rufen ganz typische Wolkenformen hervor.

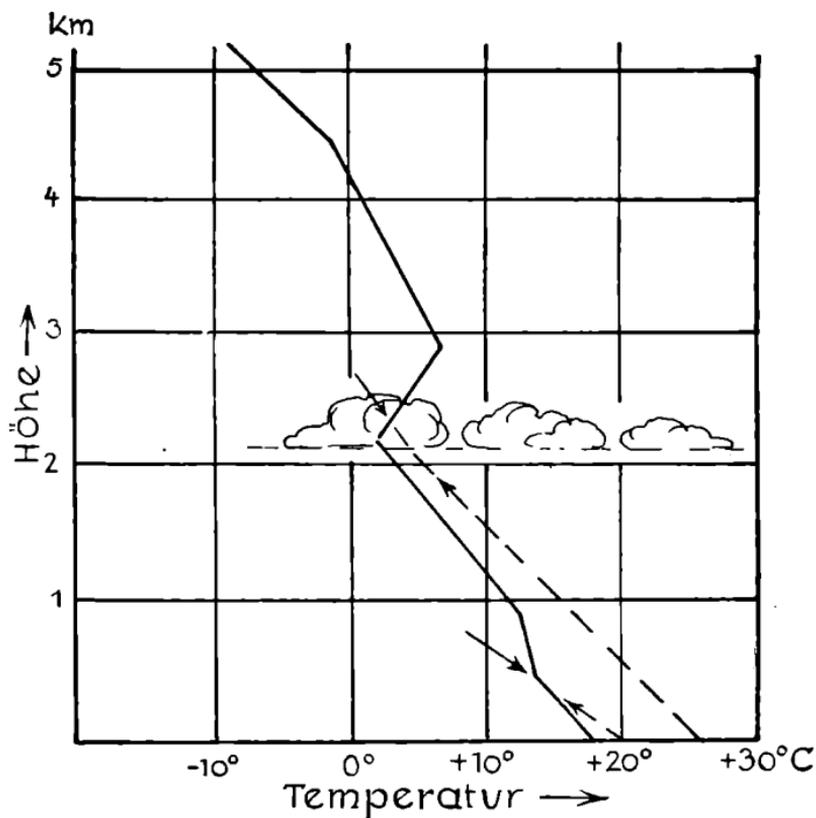
Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Kondensationskerne und adiabatische Abkühlung sind also die drei wesentlichen Vorbedingungen für die Bildung von Wolken. Warum entstehen aber nun an Schönwettertagen bei gleichen Strahlungsverhältnissen das eine Mal nur wenig flache Quellwolken, am anderen Tage hingegen hochreichendes, getürmtes Gewölk in großer Menge? Die Wetterlage ist die gleiche geblieben. Also haben sich die Feuchtigkeit der Luft und der Kerngehalt der Luft nicht geändert.

Aber die senkrechte Schichtung der Temperatur in der Atmosphäre ist nicht gleich, und sie begünstigt oder behindert die aufsteigenden Bewegungen entscheidend.

Doch wie erfährt man etwas über den Temperaturenbau der Atmosphäre? Er wird mit den Radiosonden erforscht. Sie messen Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchtigkeit der hohen Schichten. In Dresden, Wernigerode, Greifswald und Lindenberg bei Berlin werden zweimal am Tage derartige Aufstiege durchgeführt. Danach lassen sich Kurven zeichnen, die uns darüber einen Überblick geben, wie die Verteilung der Temperatur in den verschiedenen Höhen ist. Diese Kurven sind

jeweils für ein größeres Gebiet zu verwenden, da sie für die betreffende Luftmasse charakteristisch sind, und aus ihnen kann man ein Urteil gewinnen, in welchem Umfange Vertikalbewegungen und damit Wolkenbildung möglich sind.

Dabei ist zu unterscheiden, ob die Atmosphäre stabil oder labil geschichtet ist. Stabil bedeutet, daß das Beharrungsvermögen eines Gegenstandes so groß ist, daß keine Bewegung zustandekommt, und wird er zu einer angeregt, so kehrt er doch schließlich zu seiner Gleichgewichtslage zurück. Labil nennen wir einen Zustand, bei dem der geringste Anstoß eine Bewegung einleitet. Ähnlich verhält es sich in der

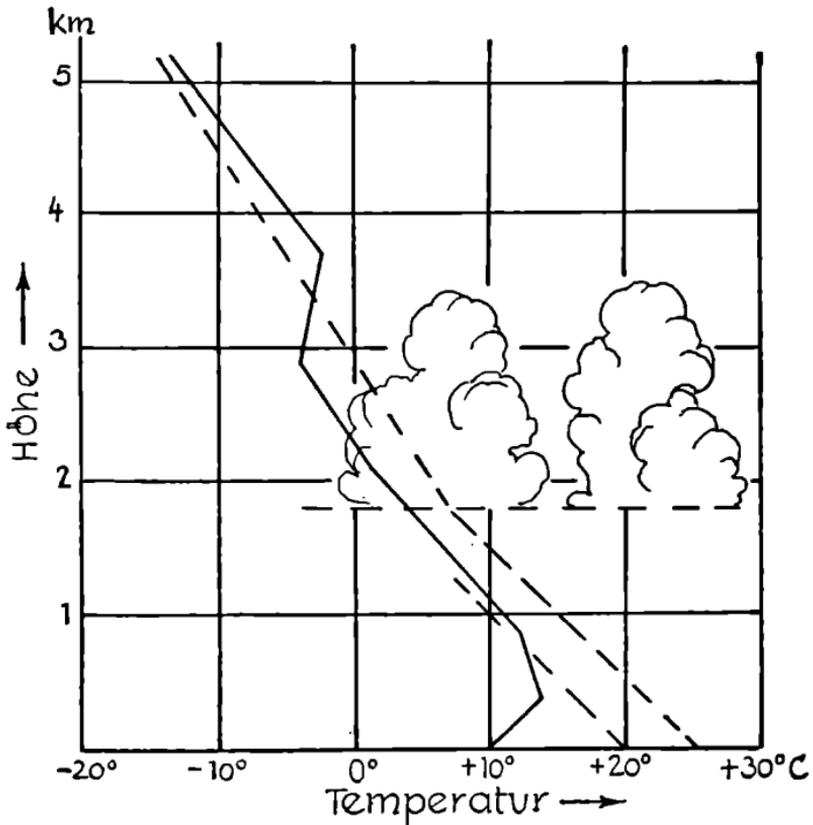


Atmosphäre. Betrachten wir zunächst eine stabile Schichtung! Die ausgezogene Kurve gibt die morgendliche Temperaturverteilung wieder, wie sie der Radiosondenaufstieg vorfand. Sie bleibt in den oberen Schichten während des ganzen Tages annähernd gleich. Die über dem Erdboden gelegenen Luftschichten aber werden im Laufe des Tages aufgeheizt. Wir nennen diese vertikale Temperaturverteilung der Atmosphäre auch die Temperatur-Zustandskurve. In unserem Falle liegt das Kondensationsniveau, das also die untere Wolkengrenze bildet, erst oberhalb von 2000 Meter Höhe. Zwischen 2200 und 2900 Metern nimmt die Temperatur um ungefähr 5 Grad Celsius nach oben hin wieder zu. Wir erkennen also hier eine Schicht der Temperatur-Umkehr, der Inversion.

Früh am Morgen ist am Boden + 18 Grad Celsius gemessen worden. Mit zunehmender Einstrahlung steigt die Temperatur und beträgt gegen 11 Uhr + 20 Grad Celsius. Ein um diese Zeit aufsteigendes Luftquantum würde (vgl. untere gestrichelte Linie) bei einer Abkühlung von 1 Grad pro 100 Meter in 600 Meter Höhe dieselbe Temperatur haben wie seine Umgebung. In der Zeichnung kommt das darin zum Ausdruck, daß seine (gestrichelte) Aufstiegslinie die allgemeine Zustandskurve schneidet. Würde es weitersteigen, so wäre es nun kälter als die umgebende Luft, damit schwerer als diese und würde demzufolge zurücksinken. Die Aufwärtsbewegung oder Konvektion endet gegen 11 Uhr an diesem Tage in 600 Meter Höhe, also unterhalb des Kondensationsniveaus. Daher ist um diese Zeit noch nicht mit Wolken zu rechnen.

Bis 14 Uhr ist die Temperatur der Bodenschicht auf + 26 Grad Celsius angestiegen. Die Konvektion reicht nun (obere gestrichelte Linie) bedeutend höher. Sie geht sogar über das Kondensationsniveau hinaus. Jetzt können sich Kumuluswolken bilden. Sie werden aber nicht allzu mächtig, denn wenn die Luft weiter emporsteigt, schneidet sie bald die Zu-

standskurve, die infolge der Inversion nach rechts ausbiegt. Die Vertikalbewegung der aufsteigenden Wolkenluft endet bei etwa 2300 Metern an der Inversion. Die Quellwolken bleiben daher an diesem Tage verhältnismäßig flach (Bild 4), weil sie sich nicht weiter nach oben entwickeln können. Uns wird nun auch die Bezeichnung „Sperrschicht“, die gleichbedeutend mit Inversion oder Temperaturumkehrschicht ist, ein fester Begriff. Die Inversion verhindert die Vertikalbewegungen in der Atmosphäre und liegt gleichsam wie ein „Deckel“ auf der unteren Luftschicht. Nur bis an sie heran können Wolken emporwachsen. Dann müssen sie sich horizontal ausbreiten. Über Talkesseln kann man gelegentlich

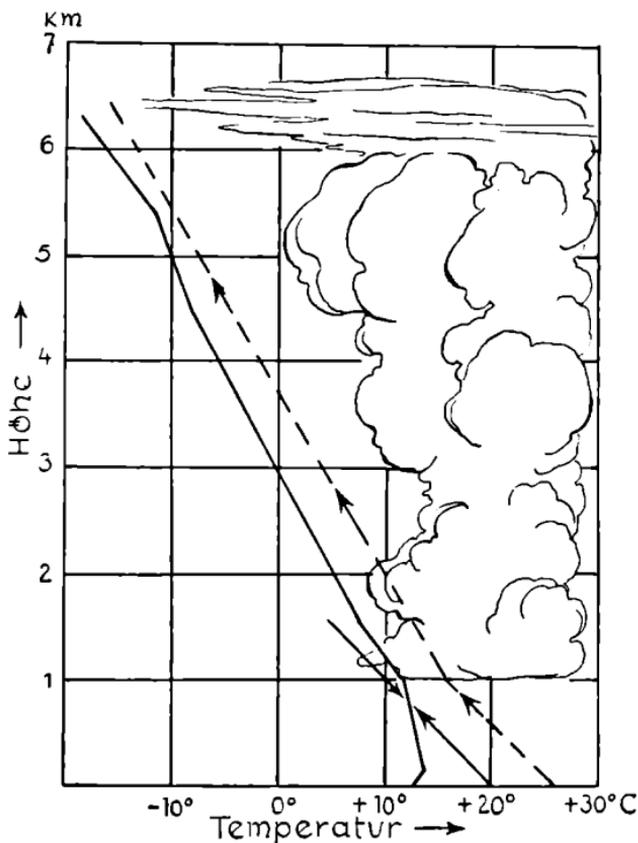


solche Sperrschichten beobachten, an denen der Rauch von Schornsteinen oder Nebelschwaden sich flach ausbreiten.

Etwas anders sieht das zweite angeführte Beispiel aus. Es fehlt hier die obere Inversion. Das Kondensationsniveau liegt etwas niedriger. Bei der gleichen Mittagstemperatur von $+25$ Grad Celsius können diesmal die Quellwolken bis 3500 Meter Höhe emporwachsen. Dann erst wird von der Temperaturlinie des aufsteigenden Teilchens die Zustandskurve des betreffenden Tages geschnitten. Das bedeutet, daß hier erst die aufsteigende Luft mit ihrer Umgebung ins Gleichgewicht kommt und damit die Wolkenbildung ihre obere Begrenzung findet. Bisweilen können dabei riesige Formen entstehen (s. Umschlagbild).

Wenn man die Linie der aufsteigenden Luft genau betrachtet, so fällt auf, daß sie in der Höhe des Kondensationsniveaus einen leichten Knick zeigt. Das bedeutet, daß oberhalb desselben die aufsteigende Luft sich nicht mehr um ein Grad auf hundert Meter abkühlt, sondern um einen geringeren Betrag. Wie ist das zu erklären? Dazu müssen wir uns daran erinnern, daß bei der Kondensation Wärme frei wird. Die beim Aufsteigen sich abkühlende Luft wird also beständig durch den Kondensationsvorgang mit Wärme versorgt. Diese reicht zwar nicht aus, um sie immer bei gleicher Temperatur zu erhalten, aber die aufwärts bewegte Luft kühlt sich nun auf 100 Meter nur noch um etwa 0,6 Grad Celsius ab.

Die dritte Abbildung schließlich soll die Lage an einem Tag mit Gewittern veranschaulichen. Hier kommt die Aufstiegslinie des Luftquantums überhaupt nicht zum Schnitt mit der betreffenden Temperaturzustandskurve. Das besagt aber, die aufsteigende Luft ist in allen Schichten wärmer als ihre Umgebung, erfährt also überall einen gewissen Auftrieb und wird somit zu weiterem Aufsteigen angeregt. Wir nennen das eine labile Schichtung. Es entstehen daher enorm hohe Wolkentürme, die bis weit in die Eisregion hineinragen, die



bekanntes Kumulonimbren, die wir noch genauer kennen lernen werden (Bild 11, 12).

Nach dem eben Besprochenen muß sich der thermische Aufbau der Atmosphäre, die vertikale Schichtung, an den beiden fraglichen Tagen grundlegend voneinander unterschieden haben. Am ersten Tage hatte unser Fall 1 Gültigkeit, daher gab es nur flache, vereinzelte Wolken. Am Folgetage war die Schichtung wesentlich labiler. Sofort bildeten sich mehr und größere Wolken. Es ist also äußerst wichtig für den Meteorologen, jeden Morgen Aufstiegsergebnisse zur Verfügung zu haben, um über den voraussichtlichen Verlauf des Wetters an diesem Tage bereits Anhaltspunkte zu gewinnen. Aus einer

morgentlichen Aufstiegskurve kann man bereits ablesen, ob an diesem Tage Gewitter möglich sind oder ob die Schichtung so stabil ist, daß bestenfalls einige Schönwetterwolken aufkommen.

Mit der Bildung der Eiswolken und deren Auftreten müssen wir uns noch besonders beschäftigen. Doch zunächst wollen wir etwas Ordnung in die Vielfalt der Wolken nach ihrer Gestalt und Art zu bringen suchen!

WIE MAN DIE WOLKEN EINTEILT

Bereits zu Beginn des vorigen Jahrhunderts bemühten sich die Wissenschaftler um eine Klassifikation der Wolken. Die ersten Versuche gehen auf den Franzosen J. B. Lamarck (1801) und auf den Engländer L. Howard (1803) zurück, dessen Arbeiten Goethe geradezu begeistert aufnahm. Sie haben auch alle späteren Systeme maßgebend beeinflusst. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts erschien zum ersten Male ein Wolkenatlas. Er sollte den Klimabeobachtern einen Überblick über die vorkommenden Typen vermitteln und erreichen, daß nach einheitlichen Gesichtspunkten beobachtet und mit einem bestimmten Namen auch überall ein und dieselbe Wolkenart bezeichnet würde. Es wurde ein internationaler Ausschuß für das Studium der Wolken ins Leben gerufen, und eine Reihe von Observatorien an den verschiedensten Stellen der Erde wurden beauftragt, Wolkenfotografien aufzunehmen. Inzwischen hat dieser Internationale Wolkenatlas bereits drei Auflagen erlebt, die letzte ist im Jahr 1930 erschienen und hat sich von dem bescheidenen Umfang von 28 Tafeln im Jahre 1890 auf 174 erweitert. Augenblicklich wird an der Herausgabe einer neuen Auflage gearbeitet, da in der Zwischenzeit auf dem Gebiet der Wolkenforschung wesentlich neue Erkenntnisse gewonnen worden sind. Der Wolkenatlas gehört zum festen Handwerkszeug eines Beobachters. Wenn ihr Gelegenheit habt, eine Wetterwarte zu besuchen, so vergesst nicht, euch auch den Wolkenatlas zeigen zu lassen! Er enthält prachtvolle Fotografien von Himmelsansichten bei verschiedenstem Wetter. Mit Hilfe durchsichtiger Deckblätter, die man über die Tafeln legen kann, können sämtliche abgebildeten Wolken bis in alle Feinheiten identifiziert werden. Freilich wird der Uneinge-

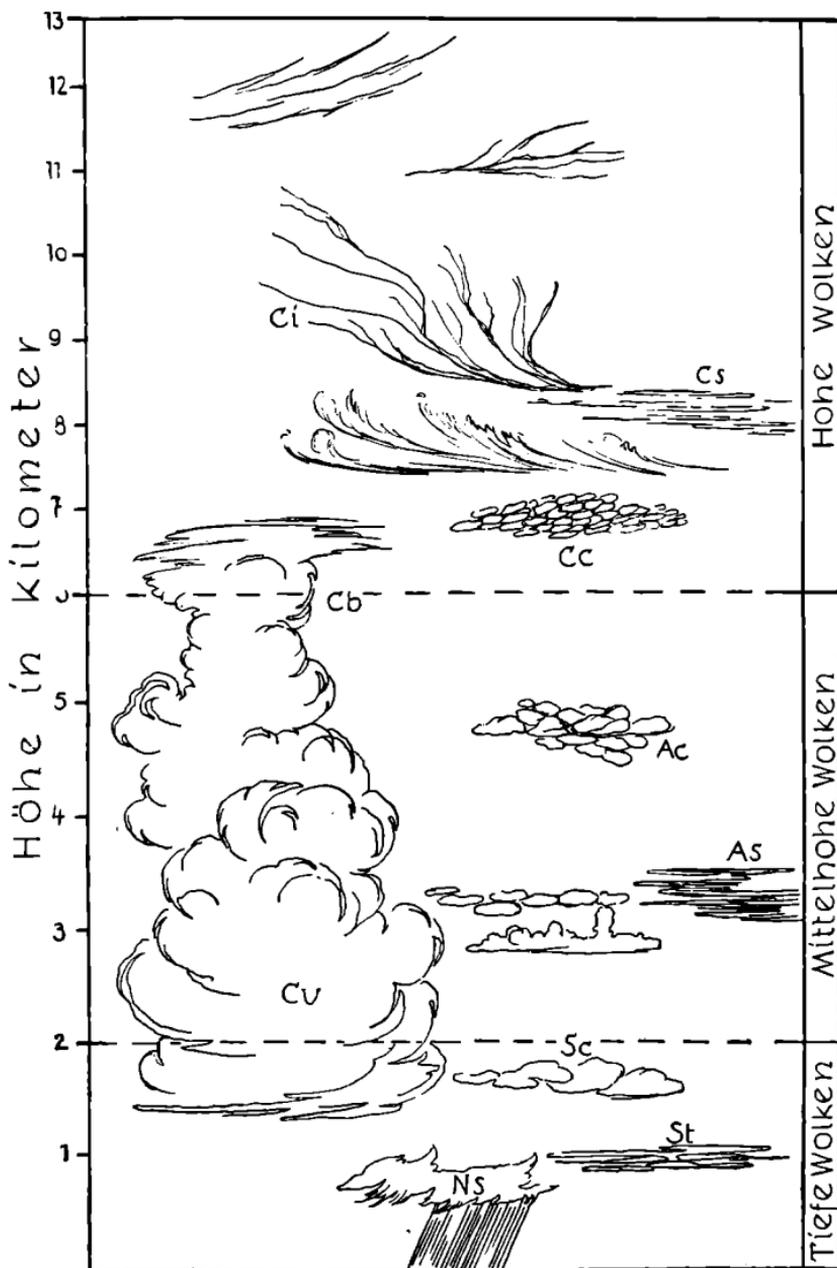
weichte fürs erste etwas verwirrt sein von der Fülle der auftretenden Begriffe, die alle der lateinischen Sprache entnommen sind. Aber diese Bezeichnungen erweisen sich als vorteilhaft. Denn in den meisten Sprachen gibt es für die feineren Abwandlungen und Sonderformen der verschiedenen Wolkentypen keine eindeutigen Bezeichnungen. Die lateinischen Namen aber ermöglichen eine einwandfreie internationale Verständigung. Wir wollen uns wenigstens mit den wichtigsten im folgenden vertraut machen.

Nach der Höhenlage, in der die Wolken vorzukommen pflegen, unterscheidet man vier Familien. Drei davon haben jede ihr besonderes „Stockwerk“, eine bestimmte Schicht, an die sie gebunden sind. Nur die vierte erfüllt deren mehrere zugleich, da sie von unten bis in große Höhen emporwächst.

Man kennt also hohe, mittlere und tiefe Wolken sowie solche mit vertikalem Aufbau. Die Wolkenfamilien werden des weiteren in Gattungen, Arten und Unterarten unterteilt.

Jede Gattung wiederum gehört einem bestimmten Formentyp an, deren es drei gibt:

- a) Die Wolke tritt einzeln auf, nimmt in der Regel Haufenform (Cumulus) an und kann sich vertikal zu verschiedener Mächtigkeit entwickeln. Bei Erlöschen der Vertikalbewegung (Konvektion) sinkt sie in sich zusammen und breitet sich horizontal aus.
- b) Die Wolken sind flächenhaft angeordnet in dünnen Schichten, Schollen oder Ballen („Schäfchen“). Auch streifen- und fadenförmige Gebilde sind häufig zu beobachten. Meist handelt es sich um Auflösungsformen von größeren Wolkenfeldern.
- c) Die Wolken bilden zusammenhängende, strukturelose Schichten, Stratuswolken, die sich als mehr oder minder dichte Schleier allmählich über den ganzen Himmel ausbreiten.



Die vier Wolkenfamilien und ihre zehn Gattungen sind zusammengestellt in der folgenden

Einteilung der Wolken:

Gattung	Fach- bezeichnung	Ab- kürzung	Formtype
Familie A: Hohe Wolken (oder Cirren)			
Höhe 6 bis 12 Kilometer			
1. Faser- oder Federwolke	Cirrus	Ci	b
2. hohe Schäfchenwolke	Cirrocumulus	Cc	b
3. hohe Schleierwolke	Cirrostratus	Cs	c
Familie B: Mittelhohe Wolken (Altowolken)			
Höhe 2 bis 6 Kilometer			
4. grobe Schäfchenwolke	Alto cumulus	Ac	b
5. mittelhohe Schichtwolke	Altostratus	As	c
Familie C: Tiefe Wolken			
Höhe: Bodennähe bis 2 km			
6. Haufenschichtwolke	Strato cumulus	Sc	b
7. tiefe Schichtwolke	Stratus	St	c
8. Regenwolke	Nimbostratus	Ns	c
Familie D: Wolken mit vertikalem Aufbau			
Höhe 500 Meter bis 8 Kilometer			
9. Schönwetter- Haufenwolke	Cumulus	Cu	a
10. Schauer- und Gewitterwolke	Cumulonimbus	Cb	a

Neben den angeführten Wolkengattungen enthalten die Schichten eine ganze Anzahl von Abarten, deren wichtigste wir in den folgenden Kapiteln kennen lernen werden. Doch wollen wir uns keine bloßen Namen einprägen, sondern uns

auch immer über die Art der Entstehung und das gemeinsame Vorkommen bestimmter Wolken feste Vorstellungen schaffen.

Wie bestimmt man die jeweilige Höhenlage der Wolken? Ein Flieger kann es ohne Zweifel am genauesten. Er kann bis zur fraglichen Höhe aufsteigen. Vom Boden aus ist die Feststellung der Höhe wesentlich schwieriger, zumal die Durchsichtigkeit der Luft sehr verschieden sein kann und dadurch in gleicher Weise, wie wir es von der Erdoberfläche gewohnt sind, die Wolken bald näher, bald entfernter erscheinen. Ihr werdet bald aus eigener Erfahrung bestätigen können, daß bloße Schätzung — auch wenn eine hinreichende Übung und Praxis vorhanden ist — in vielen Fällen nicht ausreicht. Die Wetterwarten helfen sich dann vielfach, indem sie kleine gasgefüllte Gummiballone, sogenannte Pilotballone, aufsteigen lassen. Aus ihrer Flugrichtung läßt sich übrigens gleichzeitig auch die Windströmung in der Höhe ermitteln. Diese Ballone werden so gefüllt, daß sie einen ganz bestimmten Auftrieb haben, das heißt, der Beobachter weiß, um wieviel Meter der betreffende Ballon in der Minute steigt. Er stoppt nun die Zeit, die verstreicht, bis der Ballon die Wolkenschicht erreicht hat und in ihr verschwindet. Daraus kann er sich die Wolkenhöhe hinterher ausrechnen. Sind die Wolken jedoch in sehr zerrissenen Bänken angeordnet, so kann er freilich das Pech haben, daß sein Ballon statt in eine Wolke einzutauchen, gerade in einem wolkenfreien Gebiet emporsteigt. Dann bleibt ihm nichts anderes übrig, als noch einen weiteren Ballon zu starten.

Die Methode funktioniert natürlich nur bei Tage. Außerdem darf es sich nicht um allzu hoch gelegene Wolken handeln, da der Ballon schließlich platzt. Ein wesentlich genaueres Verfahren ist daher, die Wolke von zwei Punkten aus, deren gegenseitiger Abstand, die sogenannte Basislinie, bekannt sein muß, mit einem Winkelmessgerät, einem Theodolith, wie ihn die Landvermesser haben, anzuvisieren. Dann läßt sich

aus den gemessenen Winkeln und der bekannten Basisstrecke mittels trigonometrischer Sätze die Wolkenhöhe errechnen.

Nachts bedient man sich eines Wolkenscheinwerfers. Er ist im Gegensatz zu gewöhnlichen Scheinwerfern unbeweglich und so aufgestellt, daß sein Strahlenbündel genau senkrecht nach oben gerichtet ist. An der Untergrenze der Wolke entsteht ein heller Kreis. Dieser wird anvisiert, und aus dem gemessenen Winkel und einer bekannten Strecke läßt sich wieder die unbekannte Wolkenhöhe leicht ermitteln. Voraussetzung ist auch hier wieder, daß vom Lichtkegel des Scheinwerfers eine Wolke getroffen wird. Wegen der immerhin begrenzten Lichtstärke ist er daher nur für die tieferen Wolken gut brauchbar.

Ebenso wichtig in der Praxis ist es, auch die Richtung, in der die Wolken über den Himmel ziehen, den sogenannten Wolkenzug, genau festzustellen. Wollte man das mit dem Kompaß machen, so würde die Messung beim besten Willen nicht allzu genau ausfallen; denn man kann eben nur entweder auf den Kompaß schauen oder auf die Wolken. Man hat daher ein sehr sinnvolles Instrument erdacht, das in seiner Einfachheit und hohen Zweckmäßigkeit verblüfft, den Wolken Spiegel. Er besteht aus dunklem Spiegelglas, damit die sich darin spiegelnden Wolken uns nicht gar zu sehr blenden. In das Spiegelglas ist eine Windrose eingraviert. Man legt ihn im Freien vor sich hin, nordet mit einem Kompaß die Windrose ein, und die Beobachtung kann beginnen. Man kann genau die Bewegung der Wolken darin verfolgen und nicht nur die Richtung, sondern auch die Geschwindigkeit ihres Zuges recht exakt ermitteln.

Jede Wetterlage hat ihre eigenen Entstehungsbedingungen und bringt infolgedessen ihre typischen Wolken hervor. Diese genetische, das heißt von den Entstehungsursachen ausgehende Betrachtungsweise wollen wir zugrunde legen. Wir gehen von markanten Wetterlagen aus und be-

obachten, welche typischen Wolkenformen auftreten. Dadurch werden wir schließlich einmal imstande sein, dem Wolkenhimmel, der sich uns darbietet, seine Wetterlage anzusehen und daraus unter Umständen auch etwas über die voraussichtliche Entwicklung des Wetters auszusagen.

Die Wolken treten sehr häufig gleichzeitig in mehreren Schichten auf, ganz gleich, ob es sich um „schönes“ oder „schlechtes“ Wetter handelt. Wir wissen, es müssen Schichten vorhanden sein, in denen feuchte Luft zur Kondensation kommen kann. Und wir wissen auch, daß weite Räume dazwischen ohne Wolken sein können, weil eben die Bedingungen für die Entstehung nicht gegeben sind. Andererseits kennen wir den Fall, daß sich in der Vertikalen viele Kilometer hoch mächtige Wolkentürme erstrecken und praktisch der gesamte Raum mit Wolken erfüllt ist. Die Schichtung der Atmosphäre ist dann bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit außerordentlich labil. Schließlich können wir uns vorstellen, daß an einer geneigten Gleitfläche in der Atmosphäre die Wolken sich von den hohen Eiswolken bis hin zu den tiefen Regenwolken in lückenloser Folge aneinanderreihen. Es besteht dann ein einziges, geneigtes Schichtwolkenfeld.

Und nun seien zu den zehn Haupt-Wolkengattungen noch ein paar charakterisierende Bemerkungen angefügt.

1. Die hohen Faser- oder Federwolken bestehen aus Eiskristallen. Sie bilden feine, oft hauchdünne faserige Geflechte, die oft auch in geradlinigen oder gewundenen Bändern über große Teile des Himmels hinweglaufen. Manchmal sind sie auch fischgrätenartig um eine zentrale Achse angeordnet (Wetterbäume). Nehmen die Cirruswolken an Menge zu und ziehen sie vom westlichen Horizont her auf, so sind sie ein untrügliches Zeichen für eine bevorstehende Wetterverschlechterung. Doch auch am Schönwetterhimmel können Cirren vorkommen. Sie sind dann in ihrer Menge ziemlich gleichbleibend.

2. Die hohen Schäfchenwolken sind äußerst selten. Meist werden mittelhohe Schäfchenwolken fälschlich dafür gehalten. Sie gehen aus hohen Schleierwolken bei Auflösung dieser Felder hervor. Meist finden sie sich an den seitlichen Rändern einer Störung, nicht an ihrer Vorderseite. Sie sind aber auch aus Hochdruckgebieten bekannt.
3. Hohe Schleierwolken folgen meist den Faserwolken bei einer Wetterverschlechterung und bedecken schließlich den ganzen Himmel. Sonne und Mond bekommen farbige Ringe („Halos“) infolge der Strahlenbrechung in Eiskristallen.
4. Grobe (oder eigentliche) Schäfchenwolken sind Auflösungsformen mittelhoher Schichtwolkenfelder. Es entstehen Ballen und flache Kissen, die von sich durchsetzenden Systemen rinnenartiger Furchungen voneinander getrennt werden. Häufig sind auch walzenartige Gebilde zu beobachten. Durch Beugung des Lichtes erhalten die Ränder manchmal einen perlmutterartigen Glanz. Reihen zinnenartiger Quellungen (Castellati) auf Alto-cumulusbänken treten häufig als Vorboten von Gewittern auf. Am Himmel einer Föhnwetterlage wiederum sind diese Wolken linsenartig (Lentikulariswolken) gestreckt.
5. Die mittelhohen Schichtwolken stehen vielfach mit schlechtem Wetter in Zusammenhang. Sie bilden eine geschlossene graue Schicht, die den ganzen Himmel überspannt. Sie geht aus dem Cirrostratus hervor und wird immer dichter und sinkt dabei allmählich tiefer herab.
6. Die Haufenschichtwolke ist ähnlich wie der Cirro-cumulus und der Altocumulus eine Auflösungsform von ursprünglich umfangreicheren Wolkenfeldern. Die runden oder mehr länglichen Schollen ordnen sich zu Reihen an, die meist von einem oder mehreren weiteren Furchensystemen gekreuzt werden, so daß eine schachbrettartige Zergliederung der ehemaligen Wolkenfläche

zustande kommt. Besonders häufig sind diese Wolken am winterlichen Himmel und außerhalb von Störungen.

7. Tiefe Schichtwolken bilden eine meist weitgehend strukturlose, graue Wolkenschicht. Hochnebelbänke werden dazu gerechnet. Gelegentlich fällt Nieselregen aus ihnen aus, im Winter auch leichter Schnee.
8. Regenwolken sind Abarten der tiefen Schichtwolken. Regenschwer neigt sich ihr unterer Rand immer tiefer herab, bis schließlich die Tropfen zu fallen beginnen. Gelegentlich kann sich Landregen daraus entwickeln. Gleichzeitig bilden sich unter der Wolke beständig sogenannte tiefe „Fetzen“, die nach gewisser Zeit mit der Wolke verwachsen, so daß diese sich immer mehr nach unten hin erweitert.
9. Die Schönwetter-, Quell- oder Haufenwolken entwickeln sich infolge thermischer Vertikalbewegung (Konvektion) der Luft. Ihre Menge und Mächtigkeit wächst daher im Laufe des Tages mit zunehmender Einstrahlung. Gegen Abend lösen sie sich normalerweise wieder auf.
10. Gewitterwolken sind mächtig aufgetürmte Wolken, die infolge feuchtlabiler Schichtung der Atmosphäre bis in die Eisregion emporwachsen und von heftigen Hagelchauern und elektrischen Entladungen begleitet werden. Sie treten auch an kräftigen Kaltfronten auf.

NEBELWOLKEN IN BODENNÄHE

Grau verhangen liegt die Landschaft im Ungewissen. Linien und Farben sind mit einem Male verblaßt. Und nur Umrisse lassen schemenhaft und verschwommen oft nur auf kleinste Entfernung hin die Formen der Wirklichkeit erahnen. Licht vermag sich nur schwer durchzusetzen in der allgemeinen Trübe. Im Raum, dem plötzlich jede Weite genommen ist, fühlen wir uns beengt und zugleich auf uns selbst gewiesen. So überkommt uns ein Anflug trauriger Verlassenheit. Doch zur trüben Stimmung gesellt sich als zweites das Empfinden kalter Nässe, die von allen Seiten auf uns eindringt.

Wir befinden uns mitten in den Wolken! Die Kondensation beginnt in diesem Falle unmittelbar am Erdboden. Die Luft ist mit Feuchtigkeit gesättigt, und beständig wird überschüssiger Wasserdampf in Form winziger Tropfen abgesondert. Eine solche Bodennebeldecke kann beträchtliche Mächtigkeit von mehreren hundert Metern erreichen.

Nebel entsteht entweder durch Abkühlung feuchter Luft oder dadurch, daß durch Verdunsten erhebliche Mengen an Feuchtigkeit in die Luft gelangen und so ebenfalls Sättigung und dann Kondensation zustande kommt. Das ergibt die zwei wesentlichen Arten der Nebelbildung, den Abkühlungs- und den Verdunstungsnebel. Schließlich können sich Luftmassen verschiedener Temperatur und verschiedenen Feuchtigkeitsgehaltes miteinander mischen und auf diese dritte Weise zur Entstehung von Nebel beitragen. Doch kommt bei genauem Zusehen solcher Mischungsnebel nur recht selten vor. (Im Schrifttum werden oft fälschlich nicht eindeutig einzuordnende Nebellagen leichthin als Mischungsnebel ausgegeben!) Bei uns ist die häufigste Nebelart der Strahlungsnebel. Er setzt meist

in den Abendstunden oder im Laufe der Nacht wegen starker Abkühlung der Erdoberfläche ein. Die Luft muß aber reichlich Feuchtigkeit enthalten, sonst kommt es allenfalls zu morgendlichem Tau. In alten Zeiten nahm man an, der Tau falle vom Himmel. Man sagt ja heute noch, „es ist Tau gefallen“. Wir wissen, daß er aus der Verdunstung von Feuchtigkeit des Erdbodens hervorgeht. Die bodennahe Luftschicht wird mit Feuchtigkeit angereichert. Durch Bodenausstrahlung wird sie dann des Nachts bis unter den Taupunkt abgekühlt, und „der Tau fällt“. Seine Menge ist immerhin recht bescheiden. Eine taureiche Nacht bringt in unseren Breiten nicht mehr als höchstens 0,1 bis 0,3 Millimeter. In den Tropen können es drei Millimeter und mehr sein. Ganz besonders in Trockenklimaten mit bisweilen monatelanger Regenlosigkeit ist der Tau äußerst wichtig zur Erhaltung des pflanzlichen Wachstums, und auch bei uns hilft er im Sommer den Pflanzen über regenarme Zeiten hinweg.

Ist die relative Feuchtigkeit der unteren Luftschichten insgesamt hoch, so kommt es in klaren Nächten zu Kondensationserscheinungen, weil eine schützende Wolkendecke fehlt und der Erdboden ungehindert seine Wärme nach oben zum Weltraum hin abzugeben vermag. Zuerst in Nähe des Erdbodens wird der Taupunkt erreicht. Hier beginnen die ersten Nebelschwaden sich zu bilden. Da sie ihre Entstehung der Ausstrahlung des Erdbodens verdanken, werden sie also Strahlungsnebel genannt. An kühlen Herbstabenden sehen wir sie, wenn kaum ein Luftzug zu spüren ist, sich über feuchten Wiesen und Talgründen entwickeln und in Schwaden und Streifen emporwallen.

Die weißen Schwaden sind anfangs ganz tief, so daß die Kronen der alten Weiden, ja selbst Personen noch über sie herausragen. Doch mit weiterer Abkühlung wird immer mehr Feuchtigkeit in die tropfbare Form übergeführt. Die Nebelgebilde werden allmählich immer dichter und nehmen an Mächtigkeit zu.

Besonders bei Hochdruckwetterlagen sind sie häufig, denn dann ist in der Regel wenig Luftbewegung zu spüren. Und Windstille ist mit eine der Hauptvoraussetzungen, daß sich der Nebel halten kann. Wie erwähnt, tritt er besonders oft im Herbst auf, wenn die Tagestemperaturen schon wieder sinken. Dann hält er sich vielfach bis gegen Mittag. Kommt jedoch einmal unversehens etwas Wind auf, so ist nicht mehr lange seines Bleibens, denn fortwährend werden die Nebel-luftmassen durch neue noch ungesättigte ersetzt und so der Nebel zerteilt.

Talgründe sind früh am Morgen oft dicht mit weißen Nebel-schwaden erfüllt, denn hier im Schutz der umliegenden Hänge ist die Luftbewegung am geringsten. Es ist ein eindrucksvolles Erlebnis, in aller Frühe über solch einem Nebelmeer zu stehen (Bild 3) und etwa vom Gipfel eines Berges auf das Brodeln und Branden in der Tiefe hinabzusehen. Allmählich rötet sich der Himmel im Osten, und leise setzt die Dämmerung ein. Zunächst scheint der Nebel noch vollkommen bewegungslos zu verharren. Aber mit höhersteigender Sonne, die das Nebelgefilde erst in Purpur und kurz darauf in goldiges Orange taucht, beginnt es unten in der Tiefe zu wallen und zu brodeln. Ein kühler Luftzug bringt mit einem Male das ganze Nebelmeer in Bewegung. Es wird zusehends lebhafter. An einigen Stellen ballen sich Haufen zusammen, um dann wieder an andern Stellen zu zarten Schleiern zu verschweben, die wirbelnd emporsteigen, um schließlich irgendwann zu zerreißen.

Dies bizarre Spiel dauert immerhin geraume Zeit. Gleichsam widerstrebend lösen sich die Nebelmassen auf. Schließlich liegt nur noch ein loses Gitterwerk von wallenden Schwaden über dem Talgrunde. Doch auch dieses zergeht mehr und mehr rauchartig ins Nichts.

Klar und farbig hebt sich immer deutlicher die Landschaft, die bisher unseren Blicken entzogen war, ab und erstrahlt im morgendlichen Glanze. Endlich sind die Nebel zerstoßen.

Herbstlicher Dunst umgibt noch bläulich den Horizont und läßt die Ferne in weicher Unschärfe verfließen.

Manchmal, besonders im Winter, bleibt der Nebel auch bei höhersteigender Sonne noch lange als geschlossenes Feld erhalten. Dann kann man eigenartige Schatten- und Farbwirkungen auf der Nebeloberfläche beobachten. Schauen wir westwärts, so daß die aufgehende Sonne uns im Rücken steht, so kann es vorkommen, daß unser Schatten überlebensgroß auf die unter uns ruhelos flutenden Nebelschwaden geworfen wird. Das mutet in der Tat wahrhaft gespensterhaft an und wird im Volksmund vielfach als „Brockengepenst“ bezeichnet. Es ist jedoch keineswegs auf den Harz beschränkt, sondern kann in allen Gebirgen der Erde gefunden werden, sofern der Beobachter das Nebelmeer oder die Wolkendecke unter sich hat und die Sonnenstrahlen genügend schräg einfallen. Auch vom Flugzeug ist dieser Effekt des öfteren zu beobachten. Es wird der Schatten der Maschine auf der Wolkendecke abgebildet. Meist sind die Umrisse noch infolge von Brechungen an der an winzigen Wassertröpfchen reichen Luft mit farbigen Lichtkränzen, den sogenannten *Glorien*, umgeben. Wenn die Sonne hochkommt, werden vorübergehend die Nebelmassen meist noch einmal dichter, ehe sie sich auflösen. Das erscheint im ersten Augenblick etwas merkwürdig, denn man meint doch, daß die sich erwärmende Luft mehr an Wasserdampf aufzunehmen vermöge und daher gar kein Anlaß zur Verdichtung des Nebels bestehe. Aber zunächst wird gar nicht die Luft, sondern in erster Linie der Erdboden von der Sonne erwärmt, und von seiner mit nächtlichem Tau bedeckten Oberfläche verdunstet Feuchtigkeit. Diese kondensiert in der noch kalten Luft sofort wieder und verursacht somit eine Verdichtung des Nebels.

Gelegentlich kann man auch beobachten, wie sich der Nebel erst ein bis zwei Stunden nach Sonnenaufgang bildet. In diesem Falle war die Luft zunächst noch nicht mit Feuchtigkeit

gesättigt. Erst wenn sich unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung der taufeuchte Erdboden erwärmt, wird die Luft in ausreichendem Maße mit Wasserdampf versorgt, so daß es nun zur Nebelbildung kommen kann, da die Luft zunächst noch ihre tiefe Nachttemperatur beibehält.

Es entstehen hier ähnliche Verhältnisse, wie wir sie häufig an kalten Tagen über Flüssen schauen können. Nebelschwaden steigen aus dem wärmeren Wasser in die Luft, und der Fluß scheint zu dampfen. Der an der Oberfläche des wärmeren Flußwassers verdunstende Wasserdampf kondensiert in der kühleren Luft darüber. „Die Sonne zieht Nebel“, sagen dann die Leute. Es handelt sich in diesem Falle um eine Nebelbildung über einer relativ warmen Oberfläche. Bei der Temperatur der verdunstenden Oberfläche ist noch keine Sättigung mit Wasserdampf erreicht, während bei der niedrigeren Lufttemperatur der Taupunkt überschritten wird und Kondensation eintritt.

Der weit häufigere Fall der Nebelbildung ist jedoch der, bei welchem die Oberfläche kälter als die darüber befindliche Luft ist, wie wir es beim Strahlungsnebel kennen lernten. Diese Nebelart erreicht ihren Höhepunkt zur Zeit der tiefsten Tagestemperaturen, also unmittelbar vor oder um Sonnenaufgang.

Zur Gruppe der Verdunstungsnebel gehören vor allem auch die Nebel, die sich über dem Meere bilden. In hohen Breiten kennt man den sogenannten „arktischen Seerauch“, der sich oft weithin über das Polarmeer erstreckt und bis zu Wochen anhält.

Die Verdunstung, die schließlich zur Nebelbildung führt, kann aber auch von oben her genährt werden. Dieser Vorgang vollzieht sich manchmal an den sogenannten Wetterfronten. Besonders im Zusammenhang mit Warmfronten ist er häufig. Es fällt dann aus Wolken höherer Schichten Niederschlag, der aber nicht bis zur Erde gelangt. Denn die unteren Schichten der Atmosphäre sind zunächst trocken und

suchen begierig Feuchtigkeit aufzunehmen. So wird hier infolge beständiger Verdunstung des von oben herabkommenden Regens Sättigung erreicht, und ziemlich schlagartig tritt plötzlich Nebel auf. Er wird seinem Vorkommen nach als Frontalnebel bezeichnet.

Zum Typus der Abkühlungsnebel gehört außer dem Strahlungsnebel noch der Hangnebel. Infolge einer Aufwindströmung wird feuchte Luft an Berghängen zum Aufsteigen gezwungen und dabei abgekühlt und zur Kondensation veranlaßt. Es handelt sich um einen ähnlichen Vorgang wie bei der Bildung von Stauwolken. Eine wirkliche Durchmischung von verschiedenen Luftmassen mit anschließender Nebelbildung kommt hingegen, wie schon erwähnt, verhältnismäßig selten vor.

Welches sind nun die Voraussetzungen, damit Nebel sich auflösen? Wie oft haben wir doch schon sehnsüchtig auf solche Auflösung gewartet, wenn wir eine Bergbesteigung vorhatten oder eine Skitour planten! Die einen sagen, „der Nebel muß steigen, dann bessert sich das Wetter!“ Andere wieder behaupten aufs energischste: „Nein, im Gegenteil, nur wenn der Nebel fällt, kann eine Wetterbesserung eintreten!“ Wem soll man nun eigentlich Glauben schenken! Beide Meinungen scheinen gerade entgegengesetzt und sich vollkommen zu widersprechen. Wir wollen uns am besten da doch lieber zunächst auf unsere eigene Beobachtung und gesunde Überlegung verlassen!

Denken wir zunächst an den morgendlichen Strahlungsnebel, der die Täler und Mulden erfüllt. Er verschwindet meist früher oder später am Vormittag unter dem Einfluß der immer wirksamer werdenden Sonnenstrahlung. Konvektion entsteht und bringt den Nebel zum Aufsteigen und damit zum Verschwinden. Hier würde also die erste Regel am Platze sein.

Manchmal tritt freilich der Fall ein, daß die Nebelschicht sich wohl hebt, aber sich trotzdem nicht auflöst. Sie „bleibt vielmehr unterhalb einer Sperrschicht hängen“. Dann ist

wohl die Sichtweite in Bodennähe recht gut geworden, aber eine graue, strukturlose Wolkenschicht bedeckt den ganzen Tag über den Himmel. Wir sprechen in solchem Falle von Hochnebel. Besonders zur Winterszeit entsteht er recht häufig bei windschwachem Hochdruckwetter und hält sich oft tagelang unverändert. Es ist dann unfreundlich trüb und diesig. Auch Nieselregen und leichter Schnee kann aus solchen Hochnebeldecken herabkommen.

Wenn ihr aber im Gebirge von Nebel überrascht werdet, so könnt ihr beobachten, wie die Schwaden die Berghänge hinaufgetrieben werden und die Klippen und Felsnasen zu rauchen scheinen. Dann ist mit keiner Änderung des Wetters zu rechnen, solange der Aufwind anhält. Erst wenn er in eine abwärts gerichtete Strömung, die bekanntlich wolkenauflösend wirkt, umschlägt, ist dies ein Zeichen, daß nun eine durchgreifende Besserung einsetzen wird. Dann also „fällt der Nebel“ und löst sich in Wohlgefallen auf. Also haben beide, im ersten Augenblick so widersprechend klingende Meinungen ihre Berechtigung! Man muß nur wissen, um was für eine Nebelwetterlage es sich jedesmal handelt.

Übrigens bilden sich aus dem gleichen Grunde über Flußläufen nebelfreie Räume. Es sind über der gegenüber dem angrenzenden Gelände kälteren Wasserfläche abwärtsgerichtete Luftbewegungen entwickelt, die dafür sorgen, daß sich hier der Nebel immer wieder auflöst. „Er fällt“ also! Daher zeichnet sich dann der Flußlauf mit seinen Windungen im Nebelmeere als ein nebelfreies dunkleres Band ab und kann beispielsweise vom Flieger gut zur Orientierung verwendet werden.

Wenn im Winter an Frosttagen der Nebel verschwindet, so bleibt der Zauber einer rauhreifüberzuckerten Landschaft zurück. Rauhreif bildet sich bei mäßigem Frost (bis etwa — 10 Grad Celsius) und windstillem Wetter. Die unzähligen Nebeltröpfchen sind an den Bäumen und Sträuchern zu winzigen, weißschimmernden Schneekriställchen geworden. Aber

auch bei starkem Wind kommt es in kalten Nebeln zu Ausscheidung und Eisansatz an in die Luft ragenden Gegenständen. Man spricht dann von **Rauh frost**. Er ist nicht so duftig und zart wie der Raureif, sondern bildet eine harte, glasige Masse, die sich auf der dem Winde zugewandten Seite der Bäume, Zäune und sonstigen aufragenden Gegenständen ansetzt und dauernd verstärkt. Derartige Fahnen von Rauh frost, die schließlich dicke Krusten bilden, stellen für die Bäume eine sehr ernste Gefahr dar und verursachen allwinterlich in den Gebirgswäldern viele Bruchschäden. Denn zuletzt ist der Baum der immer stärker werdenden Bürde nicht mehr gewachsen, zumal bei solchen Wetterlagen meist ein recht stürmischer Wind bläst, und die Krone bricht herunter. Auch die Hochspannungen und Telefonleitungen leiden des öfteren durch Rauh frost Bruchschäden. Am Bergobservatorium des Großen Inselsbergs wuchs einmal während eines sechzehnstündigen Sturmes im Winternebel die Rauh frostschrift auf dreißig Zentimeter Dicke an. Aber es wurden dort sogar bis zu eineinhalb Meter mächtige Schichten angetroffen!

IM REICHE DER EISWOLKEN

In ihren oftmals hauchzarten, filigranartigen Formen haben die hohen Wolken immer etwas unendlich Bezauberndes. Während sie bei Tage in milchigem Weiß schimmern und das Blau des Himmelsuntergrundes in gefälliger Weise zu mildern vermögen, prangen sie in den Morgen- und Abendstunden in duftigen Farben, die von goldenen und orangenen Tönen bis zum rosigen Rot reichen, und erstrahlen im Abendlicht noch, wenn auf die tieferen Schichten sich blauviolette Schatten herabgesenkt haben.

Nie vermögen sie sich zu unheildrohenden Massen zusammenzuballen. Immer, selbst am Schlechtwetterhimmel, wahren sie ihre ihnen eigene Anmut und haben gleichsam etwas Veröhnendes an sich. Werden sie am noch regenschweren Himmel sichtbar, so ist es ein Zeichen, daß das Gewölk sich aufzulockern beginnt, denn die tiefe Wolkendecke, die unsern Blick in die hohen Schichten sperrte, ist aufgebrochen. Daß hohe Wolken meist nur in geringen Mengen vorkommen, scheint uns einleuchtend. Denn wir hörten ja, daß der Wasserdampf mit der Höhe abnimmt. In den oberen, kälteren Luftschichten liegt bekanntlich der Taupunkt tief. Die Luft kann nur wenig Feuchtigkeit aufnehmen, denn das Sättigungsstadium ist bald erreicht.

Wie entstehen nun die zarten Wolkenformen in diesen Höhen? Darauf läßt sich heute leider noch keine endgültige Antwort geben.

Man glaubte lange Zeit, daß Eiswolken unmittelbar aus Wasserdampf hervorgingen, daß also bei der Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit der Übergang von gasförmig nach fest unmittelbar, ohne ein flüssiges Zwischenstadium, erfolge. Man bezeichnet eine solche Zustandsänderung in der Chemie als

S u b l i m a t i o n. Damit sie zustande kommt, sind auch hier wieder bestimmte Ansatzpunkte, an denen sich die Eiskristalle niederschlagen können, erforderlich. Besonders solche Stoffe kommen dafür in Frage, welche mit dem Eis die gleichen Kristallformen aufweisen, also auch sechskantig kristallisieren. Feiner Quarzstaub würde zum Beispiel diesen Anforderungen entsprechen. Zum Unterschied von den Kondensationskernen bezeichnet man sie als **S u b l i m a t i o n s k e r n e**. So müßten also oberhalb 0 Grad Celsius Wasserwolken, darunter jedoch Eiswolken entstehen. Gewisse Abweichungen im Übergangsbereich müßte man wohl zulassen, doch dürften sie nicht weiter ins Gewicht fallen, denn es wird ja gelegentlich auch bei Frost — anstelle von Schnee — flüssiger Niederschlag, das ist der sogenannte „unterkühlte Regen“, beobachtet. Nun wurden aber Wasserwolken in großem Umfange häufig selbst bei Temperaturen um — 30 und — 40 Grad Celsius angetroffen. Hier muß doch irgend etwas grundlegend anders sein!

Man suchte die Bedingungen der Eiswolkenbildung im Laboratorium nachzuahmen, um die Vorgänge, die dabei auftreten, eingehend studieren zu können. Solche Versuche sind zwar immer nur bedingt zuverlässig, denn es bieten sich allerhand Schwierigkeiten, und die in der freien Atmosphäre gegebenen Voraussetzungen lassen sich nicht völlig naturgetreu nachahmen.

Immerhin ließ sich doch allerlei Wesentliches daraus entnehmen. Es ergab sich überraschenderweise, daß bei der künstlichen Eiswolkenbildung der direkte Übergang von Wasserdampf zu Eis, die primäre Sublimation, nur ganz selten vorkam. In der Regel bildeten sich immer erst einmal kleine Wassertröpfchen, die sich zwar häufig nur wenige Augenblicke hielten, dann erst wandelten sie sich in körniges Eis um. Das war selbst bei ganz tiefen Temperaturen so.

Das bedeutete, der Übergang des Wasserdampfes ging bei der Eiswolkenbildung fast immer über ein wenn auch meist

sehr kurzes Zwischenstadium flüssiger Tröpfchen in das eigentliche Eisstadium über. Darin kommt aber ein allgemeines Naturgesetz zum Ausdruck. Es ist bei diesem Übergang nämlich bedeutend weniger Energie nötig als für die spontane Umwandlung von Wasserdampf in Eis, wie sie sich bei der Sublimation vollzieht. Und dieses Gesetz des geringsten Energieaufwandes, auch als „Prinzip des kleinsten Zwanges“ bezeichnet, beherrscht alle physikalischen Vorgänge in der Natur. Die hohen Cirren wären danach zunächst immer erst Wasserwolken und gingen erst nach einer gewissen verschieden langen Zeit in das Eisstadium über. Dieser Sachverhalt war nachzuprüfen!

Mit den modernsten fototechnischen Methoden versuchte man vom Flugzeug aus, beim Durchfliegen der verschiedensten Arten von Eiswolken ihre sie zusammensetzenden Feinstteilchen im Filmstreifen festzuhalten. Diese Mikrofotografien waren nun außerordentlich aufschlußreich, denn sie brachten tatsächlich eine Bestätigung der experimentellen Befunde.

Es vollzieht sich in diesen Höhen also immer zunächst eine Art Kondensationsvorgang, an den sich dann mehr oder minder unmittelbar der Gefrierprozeß anschließt. Dabei spielen wieder die vorhandenen Kerne eine wichtige Rolle. Sie bestimmen, ob das Gefrieren sofort oder erst nach einiger Zeit erfolgt. Man muß geradezu neben den eigentlichen Kondensationskernen noch eine besondere Art Kerne, nämlich die „Gefrierkerne“ unterscheiden. An ihnen geht dann das Ausgefrieren vonstatten. Es gibt in der Atmosphäre praktisch keinen Stoff, der mit Eis in gleicher Form kristallisiert, so daß sich Mischkristalle bilden könnten. Da nun aber die Kondensationskerne nicht immer zugleich auch gute Gefrierkerne sind, wird es verständlich, wenn gelegentlich bei sehr tiefen Temperaturen Wasserwolken anzutreffen sind. Hier fehlt es eben an der hinreichenden Zahl von Gefrierkernen, die eine rasche Umwandlung derselben herbeiführen

könnten. Man fand sogar recht häufig, daß innerhalb einer Wolke Tröpfchen und Eiskristalle nebeneinander vorkamen. Der Vorgang des Ausgefrierens war in solchem Falle noch nicht zum Abschluß gelangt.

In den hohen Schichten mangelt es vielfach regelrecht an den nötigen Kernen. Das liegt an der großen Reinheit der Luft in großen Höhen. Es kann dann trotz genügender Luftfeuchtigkeit keine Wolkenbildung zustandekommen. Es genügt aber in solchen Fällen oft der kleinste Anstoß, um Wolken entstehen zu lassen. Ihr habt vielleicht schon einmal beobachten können, wie sich hinter Flugzeugen, die als winzige Punkte in großen Höhen kreisten, lange weiße Schweife bildeten. Hier haben die Auspuffgase der Motoren dazu geführt, daß die gesättigte Luft dort oben die nötigen Kerne erhielt. Nun setzt schlagartig hinter den Maschinen die Bildung von Wolken ein. Wir bezeichnen solche Eiswolkenbänder hinter Flugzeugen als „Kondensstreifen“ oder „Kondensfahnen“.

Sind in einer hohen Wolke anfangs auch Tröpfchen und Eiskristalle nebeneinander vorhanden, so verschwinden doch nach und nach die ersteren immer mehr zu Gunsten der festen Gebilde, die zusehends an Größe gewinnen. Das liegt auch mit daran, daß der Dampfdruck über Eis etwas geringer ist als über Wasser. Die Wassertröpfchen verdampfen also in stärkerem Maße mit der Zeit. Die Eisteilchen hingegen werden größer und größer und damit auch immer schwerer. Schließlich können sie sich nicht mehr halten und fangen an, „durchzusacken“. An der Unterseite der Wolke entstehen dann die Fallstreifen. Ihr habt sie sicher bei Fasercirren (Bild 19) schon häufig gesehen. Die Fallstreifen hängen aber nicht senkrecht nach unten. Dazu weht da oben ein viel zu heftiger Wind! Von diesem werden sie alsbald erfaßt und mit fortgerissen. Nun ist aber meist oben im Niveau der ursprünglichen Wolke eine größere Windstärke anzutreffen als weiter unten am Fallstreifen. Daher entstehen Krallen- oder

Häkchenformen; denn der obere Teil mit dem Kristallisationszentrum wird mit der rascheren Strömung entführt. Solche Häkchen-Cirren entstehen vorzugsweise an der Warmfront. Erscheinen sie am westlichen Horizont, so künden sie die bevorstehende Verschlechterung des Wetters an.

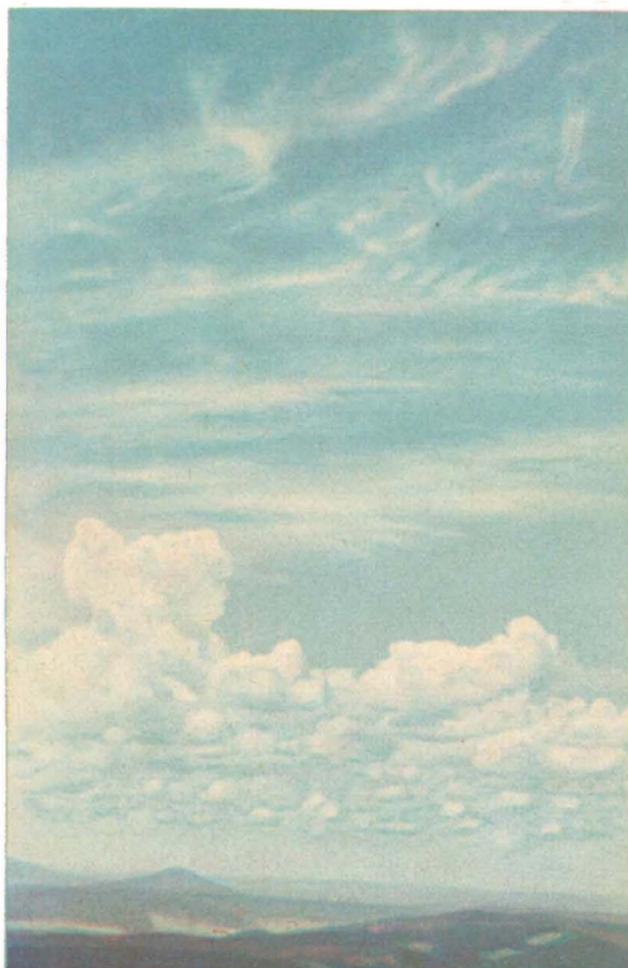
Die Mikroaufnahmen lassen immer wieder zwei Grundformen von Eiskristallen besonders hervortreten, die sechsseitigen Säulchen oder Prismen und die hexagonalen flachen Plättchen. Beide sind hinsichtlich ihrer Entstehung jeweils an ganz bestimmte Temperaturbereiche gebunden. Die Säulchen kommen besonders häufig bei Temperaturen unter -20 Grad Celsius vor (am meisten bei -27 Grad Celsius), die Plättchen hinwiederum oberhalb der genannten Temperatur (besonders häufig bei -12 Grad Celsius). Bei -20 Grad Celsius und darum herum ist die Wolkenluft aus beiden Grundformen zusammengesetzt.

Die kälteren Wolken, und dazu rechnen die in stärkerem Maße einzeln vorkommenden Häkchen- und Fasercirren, die Kondensfahnen, die Cirrostratusschleier und die Cirrocumuli, bestehen dabei vorwiegend aus Säulchen. Die in der Regel tiefer angeordneten Eiswolken, die bis ins Altostratusniveau hineinreichen, sind aus Plättchen zusammengesetzt, doch kommen auch Eisnadeln und Sternchenformen vor. Nur in den Prismen sind die bekannten Haloerscheinungen, jene farbigen Kränze möglich, die in einem Abstand von 22 Grad um die Sonne herum erscheinen. Durch Spiegelung und Brechung des Sonnenlichts in den gleichorientierten sechskantigen Eiskristallen wird ein in den Spektralfarben matt erstrahlender Ring erzeugt. Zu beiden Seiten der Sonne ist er gelegentlich verstärkt. Man bezeichnet das als „Nebensonnen“. Auch obere und untere oder seitliche Berührungsbögen treten gelegentlich auf. Ebenso sind derartige Erscheinungen bei nächtlicher Cirrusbewölkung um den Mond zu beobachten.

Die vielgestaltigsten Kristallformen birgt der Cumulonimbus eines Wärmegewitters, der bekanntlich hoch empor bis weit



9 An einer Sperschicht
sich ausbreitende
Cumuli



10 Zinnenförmige
Kastellatuswolken
in labiler Kaltluft



11 Eine Haufenwolke
nimmt Ambossform an



12 Aufziehendes Gewitter



13 Auflockerung der Bewölkung nach einem Gewitter

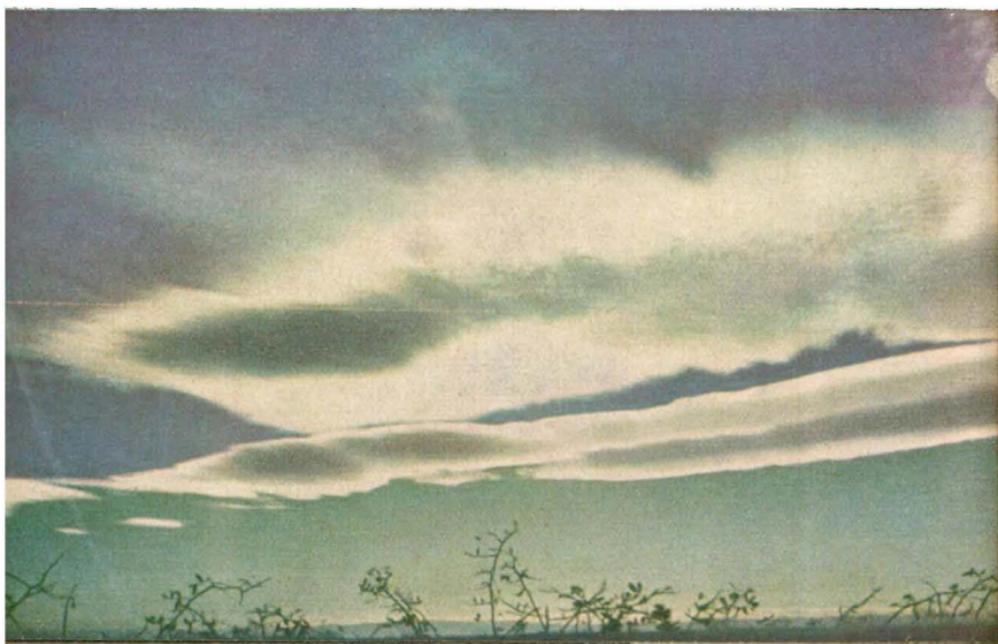
14 Föhnmauer (Thüringer Wald)





15 Föhn­lücke (Blick von Norden auf den Thüringer Wald)

16 Lentikulariswolken (Thüringer Wald)



in die Eiswolkenregion hineinreicht. In ihm kommen praktisch alle Arten von Eiskristallen vor und daneben auch Wassertropfchen in allen Größen.

Von großer Bedeutung ist die Luftströmung in der Vertikalen. Gleitet eine Luftmasse ganz allmählich auf und ist die Übersättigung dieser Luft an Feuchtigkeit nur gering, so bilden sich trotzdem noch vollständige Säulchen. Herrscht hingegen ein heftiger Aufwind, der die Wolkenluft mit sich emporreißt, so können bei zu geringer Sättigung keine vollständigen Kristalle heranwachsen. Die Kristalle bleiben dann zum Teil innerlich hohl und stellen „Kelchkristalle“ dar.

Ist aber die Übersättigung an Feuchtigkeit genügend groß, so kann selbst bei starkem Auftrieb die Kristallisation in reichem Maße erfolgen. Es bilden sich dann büschelartige Kristalle, die von einem Punkt aus nach allen Seiten hin ausstrahlen. Zwar ist auch das eine Art Skelettbildung. Das kommt zum Beispiel häufig im Cirrocumulus vor.

Die reichste Fundgrube für die verschiedensten Kristallformen bleibt aber der Cumulonimbus. Er erstreckt sich über viele tausend Meter in der Vertikalen und umfaßt daher ein Temperaturbereich, das vom Gefrierpunkt bis zu etwa — 40 Grad Celsius reicht.

Bei welchen Wetterlagen haben wir nun mit Eiswolken zu rechnen? Eigentlich bei allen. Selbst am Schönwetterhimmel finden sich gelegentlich Wolkenfelder im Cirrusniveau. Weit ausgespannte faserige Schleier, selbst dichtere, gleichsam verfilzte Gewebe gehören nicht zu den Seltenheiten. Ein andermal wieder sind sie federartig aufgespalten (Cirrus plumeus) (Bild 18). Sie entstehen vielfach im Zusammenhang mit hohen Inversionen. Innerhalb kurzer Zeit bilden sie sich, und ebenso rasch lösen sie sich aber bisweilen wieder auf. Zumeist zeigen sie keinerlei ausgeprägte Bewegung, und das ist mit eines der besten Kennzeichen, daß es sich wirklich um Schönwettercirren handelt.

Die Schlechtwettercirren hingegen treiben in der meist stürmischen Oberströmung und verändern daher eilig ihren Standort. Besonders an einer Warmfront können wir verschiedenartige Federwolkentypen beobachten. Der „Aufzug“ beginnt in der Regel mit den bereits beschriebenen Häkchencirren (*Cirrus uncinus*), die vom Westhorizont heraufziehen. Der Himmel wird immer stärker mit faserförmigen, oft verschlungenen und stellenweise gescharten Streifen (*Cirrus filosus*) überzogen (Bild 19). Dieses Geflecht verstärkt sich zusehends (*Cirrus densus*), bis schließlich ein dichter Schleier von weißschimmernden Cirrostraten das ganze Himmelsgewölbe überspannt.

Kurz ehe es so weit ist, zeigen sich oft am Wolkenhimmel die allbekanntesten „Wetterbäume“ (Bild 20). Fischgrätenartig wachsen sie empor. Zarte Fäden sind rippenartig von zwei Seiten auf eine zentrale Mittelachse der Wolke hin gerichtet. Sie entstehen besonders dann, wenn in eine trockene Kaltluft in der Höhe eine feuchtere Luft einströmt und bei diesem Vorgang leicht gehoben wird.

Im zentralen Teil einer Störung wird die Eiswolkenosphäre meist durch tiefe Bewölkung unseren Blicken entzogen. Doch wo jene sich hier und da einmal etwas auflockert, kann man zumeist wahrnehmen, daß Cirruswolken vorhanden sind. In der stärker aufgelösten „Rückseite“ eines Schlechtwettergebietes treten die Eiswolken wieder stärker in Erscheinung (Bild 10 und 28).

Die Auflösung einer hohen Cirrusdecke in einzelne Schollen oder Ballen, wie man es in tieferen Wolkenstockwerken oft miterleben kann, vollzieht sich verhältnismäßig selten. Die dann entstehenden Cirrocumuluswolken (Bild 21) werdet ihr daher nur selten einmal zu Gesicht bekommen. Sie zeigen deutlich, daß die hohe Strömung leicht wellenartig auf und ab schwankt. Jeweils im abwärtsgerichteten Strom lösen sich strichweise die Wolken auf, so daß lange Furchen in der Wolkendecke entstehen. Meist überlagern sich kreuz-

weis zwei solcher Wellensysteme, so daß vom Wolkenfeld schließlich jene watteartigen, schaumartigen Ballen übrigbleiben, bis auch sie allmählich verschwinden.

Zum Schluß seien noch die nach Gewittern häufig zurückbleibenden Cirrusfelder erwähnt, die falschen Cirren (*Cirrus nothus*). In dichten, meist stark zerfransten Büscheln sind sie oft in großer Anzahl am späten Nachmittag noch am Himmel zu sehen. Sie kommen in ganz verschiedenen Höhen zwischen etwa 4500 Metern und 7000 Metern vor. Das hängt ab von der Höhe des Cumulonimbus, den sie zuvor bekrönten. Denn sie gehen aus dem „Ambofs“ hervor, der sich vor Ausbruch eines Gewitters am oberen Ende der getürmten Quellwolke bildet, sobald sie die Eiswolkenregion erreicht hat.

Auch die Eiswolken bieten uns eine Menge verschiedener Formen, die wir nun mit ganz anderem Interesse betrachten werden, nachdem wir wissen, wie sie zustandekommen und bei welchen Wetterlagen sie sich zeigen.

DER SCHÖNWETTERHIMMEL

Schönwetterhimmel — ihr meint, den brauchst du uns nicht zu beschreiben! Ihn kennt doch jeder! Wenn am blauen Firmament weißglänzende Wölkchen wattezart auftauchen, sich immer dichter ballen, aber nie dunkelschattend und drohend werden, sondern ihre Leichtigkeit und Eleganz wahren — solches Wetter ist uns geläufig und erinnert uns an Ferientage, die wir in den Bergen oder am Meer verbrachten. Es gibt uns heitere, frohe Laune und trägt uns über den Alltag empor. Die schimmernde, sonnendurchflutete Weite verklärt uns Himmel und Erde und verleiht der Landschaft einen festlichen Glanz.

Aber wie viele Kleinigkeiten gibt es da zu bemerken, auf die ihr bisher gar nicht geachtet habt!

Zunächst ist bei schönem Wetter immer hoher Luftdruck im Spiel. Darum spricht man besser und etwas fachkundiger von Hochdruckwetter. Sein Luftdruck bringt absteigende Bewegung in der Atmosphäre mit sich, und diese führt zur Auflösung der Wolken. In einem Hochdruckgebiet ist wenig Bewölkung vorhanden. Umso kräftiger kann die Sonnenstrahlung wirken. Andererseits strahlt bei solcher Wetterlage nachts die Erde ungehindert Wärme aus, weil keine Wolkendecke darüber liegt und die Wärme zurückhält, keine Wolkendecke die Erde abschirmt. Daher tritt in winterlichen Hochdruckgebieten, die sich viele Tage hindurch halten, besonders strenger Frost auf.

Wir kennen Hochdrucktage, an denen weit und breit am Himmel nicht ein Wölkchen zu sehen ist. Dann ist die Schichtung der Atmosphäre sehr stabil und die Luftfeuchtigkeit gering. Man spricht gelegentlich auch von antizyklonalem Wettergeschehen. Das ist dasselbe wie Hochdruck-

wetter. Man stellt hier nur die Strömungsverhältnisse in den Vordergrund. Das Wort „Antizyklone“, in dem die griechische Vorsilbe anti soviel wie entgegengesetzt bedeuten soll, will zum Ausdruck bringen, daß dieses Gebilde zur Zyklone oder dem Tiefdruckgebiet in vollem Gegensatz steht. Meist sind die Winde nur schwach und schwanken vielfach in ihrer Richtung. Auch Zeiten völliger Windstille sind nicht selten. Besonders am Morgen und gegen Abend flauen die Winde in der Regel ab. Sehr hohe Windstärken treten allenfalls in den Böen auf, die die Wärmegewitter begleiten, welche ja ebenfalls zum Hochdruckwetter rechnen.

Winde sind von der Luftdruckverteilung abhängig. Wenn an zwei Orten verschieden hoher Luftdruck gemessen wird, so besteht zwischen ihnen ein Druckgefälle, das einen Ausgleich fordert. Winde bringen diesen Ausgleich; sie wehen bekanntlich, wenn man die erwähnte Ablenkung berücksichtigt, von Gebieten höheren Druckes zu solchen mit niederem Luftdruck. Auf einer Wetterkarte wird die Luftdruckverteilung durch Verbinden der Orte mit gleichem Luftdruck, durch Einzeichnen sogenannter Isobaren, wiedergegeben. Darauf sieht man allerlei Scharen konzentrischer, geschlossener Linien, die jeweils die Tiefdruck- und Hochdruckgebiete umrahmen. Je dichter gedrängt die Isobaren auf der Wetterkarte eingetragen sind, umso größer ist im betreffenden Bereich das Druckgefälle und umso heftigere Winde findet ihr auch an den in diesem Gebiet liegenden Stationen vermerkt. Für die Antizyklonen sind folglich Isobaren mit sehr weitem Abstand typisch. Nun wird euch auch der Begriff der flachen Druckverteilung verständlich werden, und ihr werdet einsehen, daß hier nur schwache Winde vorkommen. Die Luft selbst ist sehr stabil geschichtet, so daß erst bei einer kräftigen Erwärmung des Untergrundes Vertikalbewegungen einsetzen, die sogenannte Konvektion. Meist sind auch eine oder mehrere Inversionen vorhanden. Sie deuten darauf hin, daß Abwärtsbewegungen in der Höhe vor sich

gehen und somit Luft aus den hohen Schichten herabsinkt und sich dabei adiabatisch erwärmt. Man sagt, die Luftmasse „schrumpft“. Je länger eine Hochdruckwetterlage andauert, umso zahlreicher und mächtiger werden diese Sperrschichten. Die Verunreinigungen der Luft werden in zunehmendem Maße unterhalb dieser Sperrschichten angereichert. Das merkt man deutlich an der sich von Tag zu Tag verschlechternden Fernsicht. Ist genügend Feuchtigkeit in der Luft enthalten, kommt es schließlich hier sogar zu morgendlicher Nebelbildung. Den Vorgang der Wolkenbildung selbst haben wir im einzelnen bereits eingehend studiert. Doch wollen wir nun auf einige Feinheiten achten, die gerade die Schönwetterwolken gut erkennen lassen, da sie sich zumeist verhältnismäßig wenig bewegen. Aber Wolken sind nichts Beständiges und niemals etwas Fertiges. Ewig wandeln und verändern sie sich. Wir wollen sie daher als einen Vorgang, als einen Entwicklungsprozess, verstehen lernen. Unablässig dringt feuchte, gesättigte Luft von unten her in die Wolke ein und verdichtet sich zu Wasser, während zugleich oben und an den Rändern der Wolke beständig Wolkentröpfchen in die trockenere Umgebung hinein verdampfen. Wolken sind also keine gleichbleibenden Gebilde, die über die Lande dahinsegeln, wie es uns Dichter schildern, die von der Sehnsucht erfaßt werden, mitzureisen mit den „Seglern der Lüfte“.

Eine Wolke ist eher vergleichbar dem Streifen Schaum in einem plätschernden Gebirgsbach. Der Streifen bleibt immer an derselben Stelle zu sehen. Er scheint der gleiche zu bleiben, doch beständig ist es neues Wasser, das herangeführt und hier an dieser Stelle zum Aufschäumen gebracht wird. Also ist er in Wahrheit ewig ein anderer, denn er erneuert sich beständig. Und so ist auch die Wolkenbildung zu verstehen!

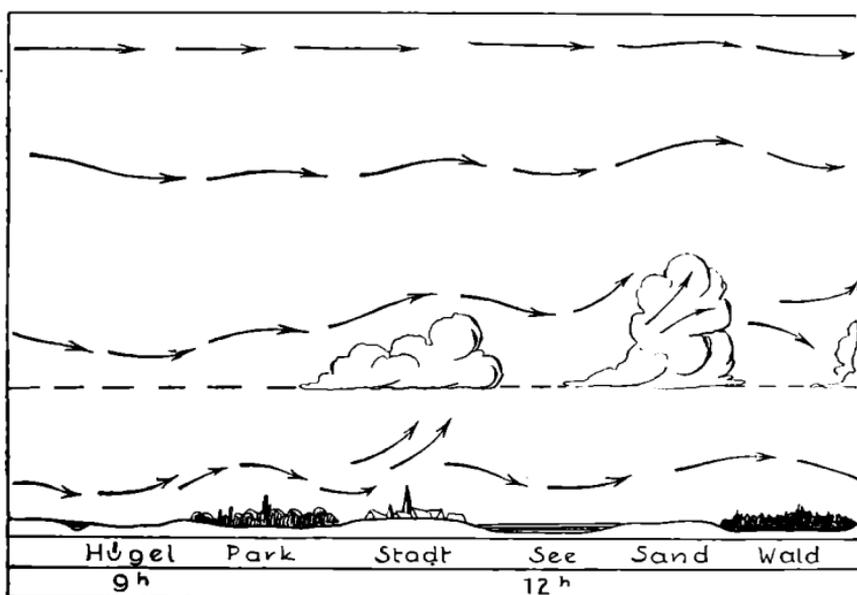
Vergegenwärtigen wir uns nochmals einen schönen Sommertag mit windschwachem Wetter! Im Laufe des Vormittags (Bild 4 und 5) beginnt mehr oder minder lebhaft die Quell-

wolkenbildung, je nachdem, wie die Temperatur senkrecht verteilt ist. Aber nicht überall tauchen Wölkchen auf, sondern nur hie und da und besonders an ganz bestimmten Stellen. Offenbar besteht ein enger Zusammenhang mit der Form des Geländes.

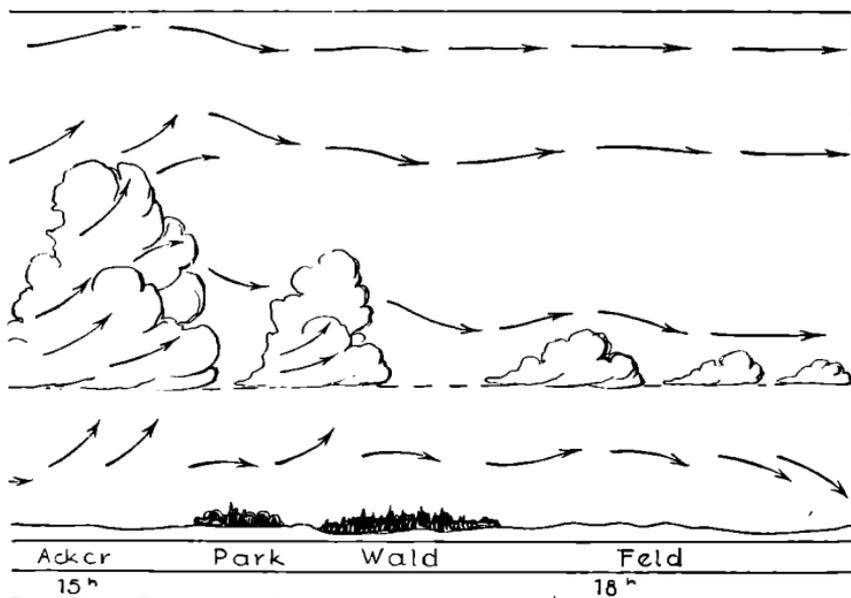
Der Erdboden erwärmt sich nicht überall gleichmäßig. Offene Ackerfluren, gar Sandflächen in der Heide oder am Meeresstrand, auch nackter Fels erhitzen sich viel rascher und stärker als etwa ein Wald. Am langsamsten erwärmt sich eine Wasserfläche. Die Sonnenstrahlen dringen zwar tief ein und werden zum großen Teil verschluckt; aber die aufgefangene Wärme wird durch Strömungen im Wasser in tiefere Schichten weitergeleitet, so daß sich die oberflächennächste Zone, die für die Wärmeabgabe an die unteren Luftschichten entscheidend ist, nur verhältnismäßig wenig erwärmt. Ein See oder gar das Meer bleiben infolgedessen im Sommer immer kühler als das benachbarte Land.

Deshalb sind die aufwärtsgerichteten Konvektionsströme, die an einem Schönwettertag auftreten, verschieden kräftig, je nach dem Untergrund; stellenweise treten sogar abwärtsgerichtete an ihre Stelle. Darum stehen die weißen Quellwolken immer recht dicht über Sandflächen und Feldfluren. Sie bilden sich besonders gern im Aufwindstrom über stark erwärmten Südhängen als ganze Reihen von Cumuluswolken. Die „Thermik“ unter solchen Cumuli wird oft von Segelfliegern ausgenutzt, um sich in sanften, stetigen Schleifen emporzuschrauben. Auch über dem sommers erhitzten steinernen Häusermeer unserer Großstädte steigt Warmluft empor und führt häufig zur Entstehung aufquellender Wolkengebilde über dem Stadtinnern.

Demgegenüber sind Wälder und Wasserflächen in der Regel verhältnismäßig wolkenarm. Es entstehen zwar auch hier Wolken, jedoch in weit geringerer Anzahl; die meisten, die in diesen Bereichen zu sehen sind, wurden von Luftströmungen hierher geführt. Solche von ihrem Entstehungsort weggetrie-



benen Cumuluswolken verlieren in der Regel ihren unter ihnen befindlichen, „sie nährenden“ Thermikschlauch und sinken daher doch mehr oder minder rasch in sich zusammen. Nähert sich der Segelflieger einer solchen Wolke in der Hoffnung, unter ihr wieder etwas günstigen Aufwind zu erhaschen, wird er bei solchen „absterbenden“ Wolken bitter enttäuscht. Die Konvektion wird im Laufe des Tages infolge der Zunahme der Einstrahlung immer lebhafter und greift in immer größere Höhen empor. Von einem Berggipfel ist der Vorgang meist sehr anschaulich zu beobachten. Am frühen Morgen liegt über den Tälern zunächst starker Dunst; vielleicht haben sich stellenweise sogar Nebelfelder gebildet. In der Höhe ist prächtige Fernsicht. Aber in dem Maße, wie die Erwärmung zunimmt, geraten die Dunstschwaden in der Tiefe in Unruhe. Sie beginnen an den Hängen aufwärtszusteigen. Die Sicht in der Höhe wird immer schlechter. Schließlich erscheinen die ersten Quellwolken. Und es ist keineswegs eine Selten-



heit, daß ihr nach einem wunderschönen klaren Morgen in den Mittagsstunden auf jenem Berge in dichtem „Nebel“ steckt, da gewaltig auftürmende Cumuluswolken ihn vollständig einhüllen.

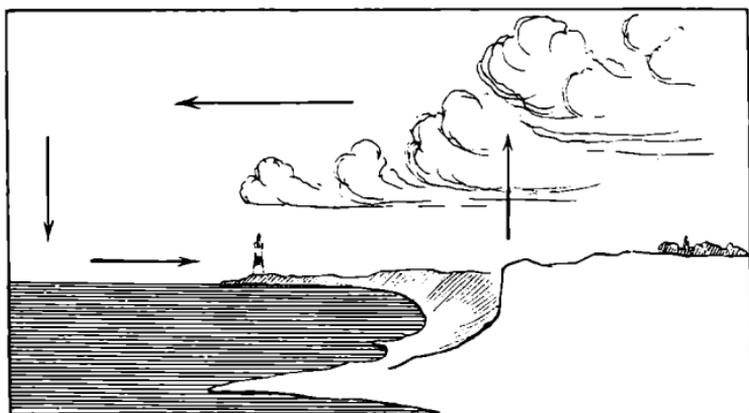
Meist geht die Wolkenbildung so langsam vor sich, daß man sie mit dem Auge nicht verfolgen kann. Erst wenn man nach einer gewissen Zeit wieder zum Himmel aufschaut, läßt sich eine Veränderung in den Formen feststellen. Anders ist es bei sehr feucht labiler Schichtung der Atmosphäre. Da kann man die Wolken wachsen sehen! Blumenkohlartig schießen sie empor. Es ist aber nicht anders bei den Schönwetterwolken, nur viel langsamer gehen die Bildungen vonstatten, wie Zeitrafferaufnahmen zeigen. Durch künstliche Beschleunigung werden die langsamen Bewegungen für uns wahrnehmbar. Man sieht, wie sie sich gegenseitig verstärken oder einander entgegenlaufen. In bestimmter Höhe verlieren die aufsteigenden Luftmassen ihren Auftrieb, und hier hört die

Wolke auf zu wachsen. Hier verdampft sie beständig in die darüber befindliche trockenere Luft hinein, wie auch in trockene Nachbarluft. Daher entstehen die an Watte erinnernden unscharfen Ränder der Schönwetterwolken. Rings um die Wolke herum sind meist absteigende Strömungen am Werk, die ebenfalls Teile der Wolke abbauen. Es kommt mitunter vor, daß Auf- und Abbewegungen sich so innig verzahnen, daß man den Eindruck gewinnt, als seien walzenartige Drehbewegungen im Gange. Das ist besonders dann der Fall, wenn die Wolken in einer Höhenströmung treiben. Dann scheinen die Wolken zu „rollen“ (Bild 5).

Fehlt die horizontale Strömung, so kann es bei besonders heftiger Vertikalbewegung aussehen, wie wenn sich ein riesiger Springbrunnen ergieße (Umschlagbild). Dann wächst der mittlere Teil der Wolke unablässig mächtig empor. Von Zeit zu Zeit quillt die Wolkenmasse nach den Seiten über, wird hier von der Abwärtsströmung erfaßt und dabei nach unten gerissen, so daß das Ganze aussieht wie ein schäumender Wasserfall. Oft entstehen in den randlichen Wolkenpartien mehrfach übereinander solche „kaskadenartige“ Abstürze, in denen die Wolke verdampft, während sie im zentralen Teil ständig nach oben wächst.

Erreicht der Konvektionsstrom eine Sperrschicht, so findet meist hier die Quellung ihre obere Begrenzung. Die Wolkentürme beginnen sich sanft zu neigen, und die Wolken breiten sich entlang der Grenzschicht horizontal aus (Bild 9).

Meist ist bei Hochdruckwetter keine beherrschende Strömung der Luft ausgeprägt. Dann kommen lokale Winde zur Geltung. Sie entstehen, wie wir uns denken können, aus Unterschieden in der Erwärmung zweier benachbarter Gebiete. Dadurch bildet sich ein engbegrenztes Druckgefälle aus, und dieses wiederum hat Wind zur Folge. Solche lokalen Winde sind also in ihrer Auswirkung auf einen verhältnismäßig kleinen Raum beschränkt, meist bloß auf den Übergangstreifen zwischen zwei derartigen verschieden erwärmten Gebieten.



Wohl das bekannteste Beispiel ist der sommerliche Seewind, den wir an schönen Tagen an der Küste häufig treffen. Selbst an größeren Binnenseen tritt er gelegentlich auf. Stärker und regelmäßiger freilich als an der Nord- und Ostsee ist er an warmen Meeren ausgeprägt und drückt hier durch seinen täglichen Rhythmus dem Alltag und dem Leben der Menschen seinen Stempel auf. Über dem stärker erwärmten Festland steigt Luft empor. In den unteren Schichten strömt vom Meer Luft nach. In der Höhe ist ein Druckgefälle vom Land zum Meer entwickelt, so daß hier Luft seewärts abfließt. Es entsteht infolgedessen ein geschlossener Kreislauf, der des Nachts wegen umgekehrter Wärmeverhältnisse in entgegengesetzter Richtung, jedoch weit schwächer umläuft.

Sobald am Vormittag die Erwärmung kräftig genug ist, setzt der Seewind ein und bringt der Küste wohltuende Erfrischung. Gleich bilden sich über dem Küstenstreifen, da wo die Warmluft beständig emporsteigt, zahlreiche Cumuluswolken. So erscheint die Uferlinie in ihrem bisweilen gewundenen Verlauf von den Wolken markiert und am Himmel abgebildet (Bild 6). Denn über See stehen dann zumeist keine Wolken. Doch kommen auch hier im Laufe des Tages Wolken vor. Und die Konvektion kann unter Umständen so lebhaft werden, daß selbst Sperrschichten durchbrochen werden. Dann

sieht man, wie ganz plötzlich ein zunächst harmlos anmutender Cumulus mächtig bis in große Höhen emporschießt (Bild 8). Meist fehlt aber sehr bald der nötige Nachschub an aufsteigender Warmluft, da die Wolke abgetrieben wird, und so sinkt sie ganz von selbst recht schnell wieder in sich zusammen. Doch schon beginnt an einer anderen Stelle das gleiche Spiel. Diese „pulsierende“ Wolkenbildung ist gerade an der See häufig zu beobachten.

Im Gebirgsland unterstützt der Bergwind die Wolkenbildung. Tagsüber werden die Hänge und die Gipfelregionen meist stärker erwärmt als Täler. Es entwickelt sich eine talaufwärts gerichtete Strömung. Sie verstärkt die an den Bergen einsetzende Quellwolkenbildung, zumal meist gleichzeitig mitten über den Tälern abwärtsgerichtete, wolkenauflösende Strömungen bestehen. So kommt es, daß an Sommermittagen die Berggipfel sehr häufig ganz in den Wolken stecken und sich über der Bergkette gleichsam noch ein mächtiges „Wolkengebirge“ aus riesigen Quelltürmen emporwölbt (Bild 7).

Im Laufe des Nachmittags klingt die Konvektion allmählich mehr und mehr ab, denn die Wirksamkeit der Sonnenstrahlen läßt mit sinkender Sonne nach. Das zeigt sich auch an den Haufenwolken. Es bleiben zunächst wohl gleich viele, aber sie nehmen an Größe ab, als ob sie in sich zusammensänken. Die Erklärung ist einfach: die aufwärts gerichteten Ströme in der Atmosphäre lassen nach, die beständig neue Luft ins Niveau der Feuchtesättigung emporbringen. Dafür bleiben die abwärts gerichteten Strömungen bestehen, so daß an den Außenrändern der Wolken die Auflösung fortschreitet. Deshalb werden die um die Mittagszeit mächtig aufgequollenen Haufenwolken zusehends flacher und breiten sich schließlich zu einer horizontalen Schicht aus. Solche Stratocumulus-Bänke sind an Schönwettertagen in den Abendstunden eine häufige Erscheinung und werden geradezu als *Sc vespertalis*, „abendlicher Stratocumulus“,

bezeichnet. Sie werden von der Abendsonne vergoldet, wenn sie am Westhimmel stehen, und vermögen in ihren flachen, zarten Formen und den milden Farben der abendlichen Dämmerung, denen mit sinkender Nacht immer tiefere Schatten beigemischt werden, recht stimmungsvoll zu wirken. Doch ist die Abwärtsbewegung in der Atmosphäre allein sicher sehr oft nicht ausreichend, um Wolken aufzulösen. Es werden auch turbulente Strömungen mit dazu beitragen. Man nimmt sie wahr, wenn man einmal genau beachtet, wie eine Wolke allmählich ins Nichts verschwindet. Es erinnert zuweilen an das Verwehen von Rauch im Winde. Verwirbelungen in der Luft, die man als Turbulenz bezeichnet, sorgen sozusagen in diesen Höhen für die kräftige Durchmischung von wassertröpfchenhaltiger und trockener Luft. Mit einbrechender Dunkelheit nimmt der Wind und damit auch die Turbulenz in der Höhe zu. Tagsüber ist sie in den unteren Schichten stärker.

Aber noch lange nach Sonnenuntergang sind oft kleine Wölkchen vorhanden, und es dauert manchmal bis Mitternacht, bis die letzten Reste verschwunden sind. Lösen sich jedoch die Wolken an heiteren Tagen des Abends nicht auf, sondern bleiben nach Sonnenuntergang als ausgedehnte Felder oder gar als geschlossene Decke am Himmel sichtbar, so kann man mit Sicherheit sagen, daß derartige Bewölkung mit einer atmosphärischen Störung, einer Zyklone, in Verbindung steht, denn es fehlen eben die für das Hochdruckwetter so charakteristischen absteigenden Luftströmungen, die allabendlich zur Auflösung der Wolken führen. Man braucht zwar nicht immer gleich an bevorstehenden Regen zu denken. Bisweilen handelt es sich nur um ganz schwache Störungslinien, die über den Beobachtungsort hinwegziehen. Sie bringen lediglich Wolkenfelder, ohne sonst irgendwie „wetterwirksam“ zu werden. Nimmt die Bewölkung dagegen nach Sonnenuntergang noch zu, dann ist Vorsicht geboten!

Doch Wolkenbeobachtung während der Nacht ist gar nicht so einfach, ganz besonders dann, wenn es sich um mondlose Nächte handelt. Auf dem dunklen Hintergrund des Nachthimmels heben sich die Wolken nur schlecht ab. Hinzu kommt, daß der Beobachter meist aus dem hellen Zimmer hinaustritt und erst Zeit braucht, um sich an die Dunkelheit zu gewöhnen. Blättert man einmal in den Beobachtungstagebüchern der Wetterwarten, so findet sich häufig die Nacht über allstündlich die Notiz „wolkenlos“, und plötzlich ab 5 Uhr morgens, oder wann der Beginn der Dämmerung gerade liegen mag, erscheinen $\frac{5}{10}$ Bedeckung. Woher sollen so unvermittelt so viele Wolken gekommen sein? In solchen Fällen liegen meist Beobachtungsfehler zu Grunde. Wolkenarten sind, besonders wenn es sich um mittelhohe und hohe Wolken handelt, des Nachts nur ungenau anzugeben. Die feinen, stark zerfaserten Eiswolken entgehen uns häufig überhaupt. Man versucht, aus der Dichte und Anzahl der sichtbaren Sterne Rückschlüsse auf den Umfang der Bewölkung zu ziehen, denn da, wo große, sternfreie Flächen am Himmel erscheinen, müssen ja wohl Wolken stehen. Und trotzdem entgehen die Wolken doch sogar dem geschulten Blick! Versucht es selbst einmal, ihr werdet sehen, daß es in der Tat gar nicht so einfach ist. Denn man unterliegt sehr leicht Täuschungen.

Aus dem Bisherigen ging hervor, daß Hochdruckwetter gleichzusetzen ist mit wolkenarmem Wetter. Das gilt aber nicht uneingeschränkt. Besonders der winterliche Himmel ist bei einer Hochdruckwetterlage oft über und über mit Wolken bedeckt. Es sind aber keine Quellwolken, die durch heftige und andauernde Konvektion entstanden sind. Denn für diese ist eine starke Erwärmung des Untergrundes die Voraussetzung, wie sie in der kalten Jahreszeit nicht zustandekommt, da die Sonnenstrahlen dazu nicht ausreichen. Quellwolken erscheinen allenfalls erst spät gegen Mittag und lösen sich bereits am zeitigen Nachmittag

wieder auf. Die andere für Hochdruckwetter charakteristische Erscheinung, nämlich die Bildung von Sperrschichten, ist aber vorhanden. An diesen, genauer gesagt, an ihrer Unterseite, bilden sich zunächst außerordentlich dünn-schichtige Wolkenfelder. Ihre Entstehung verdanken sie den hier in reichem Maße vorhandenen Kondensationskernen, denn, wie wir bereits wissen, sammeln sich alle in der Luft enthaltenen Verunreinigungen unter derartigen Inversionen an, so daß hier, auch wenn sich keine Wolken bilden, doch recht ausgeprägte Dunstfelder zu finden sind.

Auch aufsteigender Frühnebel, der sich unter dem Einfluß der Erwärmung im Laufe des Tages hebt, bleibt im Winter, wenn die Sonnenenergie nicht ausreicht, ihn zu zerstreuen, meist unterhalb der Inversion liegen und bildet Hochnebelfelder. Der Himmel zeigt sich dann in einheitlichem, ungegliedertem Grau. Keinerlei Wolkenstrukturen lassen sich ausmachen, kurz — ein trübseliges Wetter, das wir wohl alle gut kennen!

Hochnebellagen können sich tagelang halten, denn die allgemeine Luftbewegung ist schwach und oft ohne ausgeprägte Richtung; bei Hochdruckwetter ist ja die allgemeine Luftdruckverteilung in der Regel sehr flach. Selbst Nieselregen und gegebenenfalls leichter Schnee können aus solchem Hochnebel fallen. Man freut sich ordentlich, wenn solche hochnebelartige Bewölkung wenigstens so weit auflockert, daß die Wintersonne mit ihrem matten Glanze durchdringen kann (Bild 27).

Bild 27 zeigt eine mittelhohe Schichtwolkendecke, wie sie an einem Dezembertage sich darbot. Sie ist nicht allzu dick, denn die schräg stehende Sonne vermag sie aufzuhellen. Auch bemerkt man bei genauerem Hinsehen besonders rechts oben parallel angeordnete wellige Streifen stärkerer Auflockerung. Dies deutet wieder darauf hin, daß die Luft in den hohen Schichten nicht streng horizontal dahinströmt, sondern in leichter Wellenbewegung auf- und abschwingt.

Dadurch wird das Wolkenfeld strichweise aufgelöst. — Deutlich heben sich auch dunklere Streifen einer tieferen Schicht ab, die quer über das Blickfeld laufen. Und ganz links im Vordergrund sind tiefe Wolkenfetzen zu sehen, die uns anzeigen, daß es sich um keine ganz störungsfreie Wetterlage handelt. Vielmehr befinden wir uns am Rand eines Hochdruckgebietes, so daß vom angrenzenden Schlechtwettergebiet bisweilen Wolken mit hereintreiben.

In der mittelhohen Schicht sei noch auf die eigenartige perlmuttartige Färbung der Wolken hingewiesen, die man auch als „Irisieren“ bezeichnet, weil die Farben des Regenbogens dabei vorkommen. Die Erscheinung entsteht durch sogenannte Interferenz oder Beugung der Lichtstrahlen. Letztere gelangen an unser Auge, nachdem sie zum Teil direkt durch das Gewölk hindurchgegangen sind, zum Teil aber von den Wolken reflektiert wurden. Infolgedessen hat sich das weiße Sonnenlicht in seine Spektralfarben aufgespalten. Was nun im Einzelfalle für eine Farbe von uns wahrgenommen wird, hängt von der Größe der Wolkentröpfchen und vom Stande der Sonne ab. Denn mit diesem ändert sich ja der Winkel, unter dem der Sonnenstrahl an der Wolke zurückgeworfen wird.

Es bietet also auch der Himmel des Hochdruckwetters sehr vielseitige Abwandlungen und uns damit eine Fülle interessanter Beobachtungsmöglichkeiten. Einen Sonderfall stellt das Gewitter dar, das jedoch nicht auf Hochdruckwetter beschränkt zu sein braucht.

EIN GEWITTER ZIEHT HERAUF

Schon den ganzen Vormittag über war es unerträglich schwül gewesen. Kaum ein Lüftchen regte sich, dazu „stach die Sonne“ recht lästig. Kurzum, man fühlte sich benommen und war zu keiner Arbeit recht aufgelegt. „Heute wird es bestimmt ein Gewitter geben!“ hörte man allerorten sagen.

Und die ersten Anzeichen am Himmel waren für den aufmerksamen Beobachter schon in den Morgenstunden zu sehen gewesen!

Voraussetzung dafür, daß ein Gewitter entstehen kann, ist einmal ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Luft, dann eine kräftige Erwärmung des Untergrundes, so daß Konvektionsströmungen in starkem Umfang einsetzen können, und schließlich muß die Troposphäre sehr labil geschichtet sein, damit die entstehenden konvektiven Ströme recht hoch reichen können. Der Meteorologe entnimmt die Angaben über die herrschende vertikale Temperaturverteilung in der Atmosphäre, erinnern wir uns, den Ergebnissen der täglichen Radiosondenaufstiege. Doch auch wir, denen im allgemeinen keine solchen exakten Beobachtungen zur Verfügung stehen, können die voraussichtliche Entwicklung des Wetters an einem Sommertage meist recht gut abschätzen und gegebenenfalls eine brauchbare Gewittervorhersage abgeben. Einige Anhaltspunkte kennen wir bereits. Kommen am Vormittag beispielsweise keine oder nur schwache Quellwolken auf, so besteht in der Regel keine Gewittergefahr. Denn dies alles zeugt von einer stabilen Schichtung der Atmosphäre. Selbst stärkere Quellwolken am Vormittag brauchen nicht unbedingt zu einem Gewitter zu führen. Wie wir wissen, können auch in den oberen

Schichten noch Inversionen vorhanden sein, die die Konvektion und damit die Cumulusbildung begrenzen.

Ein recht verlässliches Vorzeichen dafür, daß es am Tage zu Gewittern kommen wird, hingegen ist, wenn in den Morgenstunden aus flachen Wolkenbänken, die äußerst harmlos erscheinen, ganz plötzlich allenthalben wie lauter kleine Flämmchen Quellungen hervorwachsen (Bild 10). Da diese regellos aufgesetzten, säulenartigen Quellformen den Wolken eine gewisse Ähnlichkeit mit einer zinnenbewehrten Burgmauer verleihen, werden sie vom Fachmann auch als „Kastellatuswolken“, genauer *Alto cumulus castellatus*, bezeichnet. Es steckt das lateinische Wort *castellum*, die Burganlage, darin.

Diese Wolkenbildung, die in Höhen über 2000 Metern erfolgt, verrät uns ganz eindeutig, daß dort oben eine sehr labile Schichtung vorhanden sein muß. Hier setzen bereits vertikale Umlagerungsbewegungen ein, ehe überhaupt vom Boden her durch die tägliche Konvektion Luft bis zu diesen Höhen emporgeführt werden konnte, da um diese Zeit dafür die Erwärmung des Erdbodens noch längst nicht ausreicht. Auch bloße Erwärmung der Wolkenoberflächen kann das Entstehen der Kastellatuswolken nicht hinreichend erklären. Die allgemeine Schichtung selbst in der Höhe muß eine andere geworden sein. Wenn eine Schönwetterlage sich allmählich zu unbeständigerem Wetter umbildet, beginnt es mit einer Abkühlung der höheren Schichten. Hier fließt Kaltluft ein. Das macht sich naturgemäß im Sommer besonders augenfällig bemerkbar, da die unteren Schichten sehr stark erwärmt sind und sich erst allmählich abkühlen. Außerdem ist hier die meiste Luftfeuchtigkeit vorhanden. In der schnelleren Höhenströmung wird kühlere Luft herangeführt. Dadurch wird aber die Abnahme der Temperatur mit der Höhe, das vertikale Temperaturgefälle, vergrößert, und dadurch wird die Schichtung der Atmosphäre ständig labiler. Das erscheint im ersten Augenblick nicht gleich verständlich. Wir

müssen noch einmal daran erinnern, welches die Vorbedingungen für Labilität in der Atmosphäre waren, wann also vertikale Umlagerungsbewegungen zustande kommen konnten. Die vertikale Temperaturverteilung muß so sein, daß aufsteigende Teilchen, die sich bekanntlich bei jeder Höhenänderung um hundert Meter ein Grad abkühlen, in jeder erreichten Höhe wärmer ankommen als ihre Umgebung ist, somit einen Auftrieb erfahren und weiter steigen.

Eine derartige starke Temperaturabnahme in der Vertikalen, wie sie also für die Labilisierung der Schichtung Voraussetzung ist, kann auf zweierlei Weise erreicht werden: einmal durch Erwärmung des Untergrundes und damit der unteren Luftschichten oder aber durch Abkühlung in der Höhe. Beides hat die gleiche Folge. Es entstehen Temperaturunterschiede, die für bestimmte Höhenstufen größer sind als der Betrag an Wärme, um den sich aufsteigende Luft abkühlt.

Wenn ihr also Kastellatuswolken am Himmel auftauchen seht, so wißt ihr, daß eine „Labilisierung in der Höhe“ im Gange ist und die Atmosphäre beste Voraussetzungen für die Entstehung eines Gewitters bietet. Bis Mittag tut sich meist noch nichts. Lediglich die Cumulusbewölkung nimmt immer mehr zu. Denn mit zunehmender Erwärmung steigt ja wasserdampfreiche Luft in immer stärkerem Umfang nach oben. Hohe Luftfeuchtigkeit ist die wichtigste Voraussetzung. Wir wissen, daß in den unteren Luftschichten, sagen wir vom Erdboden bis etwa zwei Kilometer Höhe, zumeist mehr als die Hälfte des gesamten in der Atmosphäre enthaltenen Wassers in Dampfform enthalten ist.

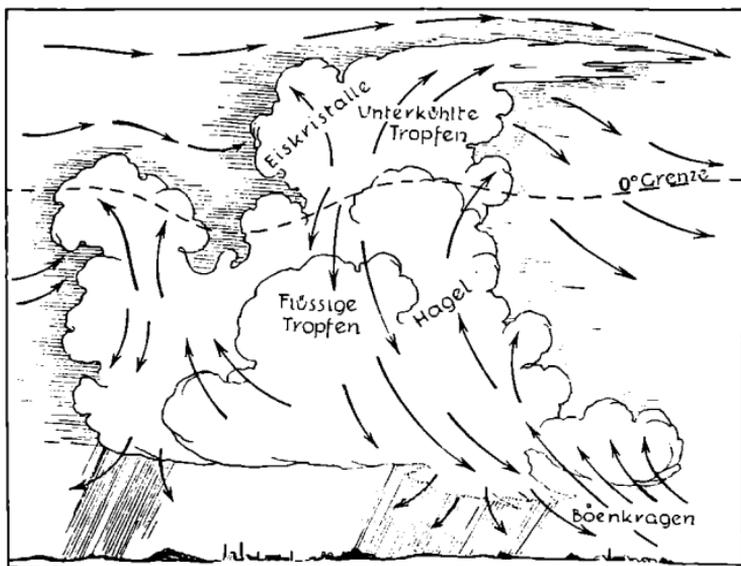
Erst am Nachmittag werden die Wolkenformen drohender. In den oberen Schichten fehlen an solchen Tagen Sperrschichten, so daß sich die Aufwärtsbewegungen ungehindert bis in große Höhen durchsetzen können. Absteigende Bewegungen wiederum sind verhältnismäßig selten. Daher entstehen diesmal auch keine Springbrunnenformen, sondern

das Emporwachsen der Wolken erinnert mehr an sich aufblühenden Seifenschaum, in den Luft hineingeblasen wird. Diese Vorgänge verlaufen vielfach so rasch, daß man sie ohne „Zeitraffer“ mit bloßem Auge verfolgen kann. Es verdampft keine Wolkenluft an den Rändern der Wolke, und diese nimmt daher ungeheure Ausmaße an. Die Tröpfchenmassen ballen sich so dicht, daß das Sonnenlicht nur noch geschwächt durchdringen kann. Deshalb erscheint die Wolke so dunkel und drohend. Die Unterseite eines solchen oft viele tausend Meter hohen Cumulusturmes ist meist tief graublau oder auch schwärzlichgrau. Der kräftig emporsteigende Luftstrom vermag auch sehr große Tropfen zu tragen.

Genau wie für die Bildung von Quellwolken sind bestimmte Stellen im Gelände besonders geeignet für die Entstehung hochragender Gewitterwolken. Solche „Gewitterherde“ sind beispielsweise feuchte Niederungen und Moore, aber auch Talkessel im Bereich der Mittelgebirge. Gerade das Berg- und Hügelland weist im Sommer meist mehr Tage mit Gewittern auf als das trockene Flachland. Auch lassen sich bevorzugte „Straßen“ feststellen, auf denen sich die Gewitter zu bewegen pflegen. Hierbei ist ebenfalls der Untergrund von ausschlaggebender Bedeutung.

Je stärker die Bodenüberhitzung, um so kräftiger ist auch der aufwärtsgerichtete Luftstrom, in dem die Gewitterwolke (Cumulonimbus) sich bildet, und um so höher reicht er empor. Mit oftmals beträchtlicher Geschwindigkeit wird die Luft mit den darin enthaltenen Tröpfchen aufwärtsgerissen. Daher bleiben die Wassertropfen in der Wolkenluft noch flüssig, nachdem die Temperatur längst unter Null Grad gesunken ist. Oft erreichen Wolkentröpfchen Temperaturen bis zu 20 Grad unter Null, ja selbst — 40 Grad Celsius wurde schon beobachtet.

Erst bei der Berührung mit Eisteilchen, die zunächst vereinzelt in den hohen Schichten des Cirrusniveaus, also über



6000 Meter hoch, anzutreffen sind, erstarren die „unterkühlten“ Tropfen schlagartig zu körnigem Eis. Es bilden sich Graupelkörner. Dieser Vorgang beginnt erst, wenn die emporwachsende Cumuluswolke so hoch hinaufreicht, daß sie mit ihren oberen Teilen in die Eiswolkenregion hineinragt. Man kann ihn vom Erdboden aus verfolgen. Der quellende Cumulus hat zunächst eine glattrandige, weißglänzende Oberfläche und erinnert an einen schneebedeckten Gipfel des Hochgebirges. Mit einem Male fängt er in seinem oberen Teile an, matter, fast milchig zu werden. Wie leichte Rauchschwaden tritt es aus ihm hervor, ohne jedoch sich abzulösen. Nach und nach umgibt den Gipfel der Wolke ein dünner Schleier. Er breitet sich in der Horizontalen nach allen Seiten hin aus, und es kann vorkommen, daß die Wolke selbst noch über ihn hinaus weiterwächst. Diese Schleier- oder Kappenbildung ist jedenfalls das Zeichen dafür, daß unsere Wolke die Region der Eiswolken erreicht hat. Diese zarten Schleier, die wie weiße Fahnen horizontal aus der

Wolke herauswehen, bestehen aus Schneekristallen. Es sind also Cirruswolken. Wegen der eigenartigen Form, die oben geradlinig abschneidet und nach unten zu sich immer mehr nach der Wolke hin verjüngt, so daß die Gewitterwolke mit ihren zwei herausragenden Vorsprüngen an einen riesigen Amboß erinnert, spricht man geradezu von „Amboßbildung“ (Bild 11) und bezeichnet diese Art von Eiswolken als Amboßcirren. Wir müssen uns aber im klaren sein, daß in Wirklichkeit die Erscheinung nicht nur nach zwei Seiten entwickelt ist, sondern nach allen Seiten. Wir sehen nur den Wolkenumriß. Es handelt sich also nicht eigentlich um eine Amboßform, sondern vielmehr um ein pilzartiges Gebilde.

Nun beginnt die „Vergraupelung“ der Cumulonimbuswolke. Dabei geraten die Graupelkörner auch in die Randpartien der Wolke, in denen die Aufwärtsbewegung erlahmt. Schließlich fallen sie seitlich aus der Wolke. Beim Fallen treffen sie auf ihnen entgegenkommende, unterkühlte Wassertropfen. Diese erstarren bei der Berührung mit den kristallinen Graupelkörnern und frieren an der Außenseite der Graupeln fest. Dadurch wächst das Graupelkorn, und es entstehen Schloßen und Hagelkörner, die mehrere Zentimeter dick werden können. Allmählich bildet sich der ganze obere Teil der Wolke zu Graupeln um.

Jetzt steht das Gewitter unmittelbar vor seinem Ausbruch. Der aufstrebende Luftstrom, der die Wolke und ihre ganze Wasserlast trägt, beginnt zu erlahmen, da es ihm an Nachschub fehlt. Die bislang in der Schwebelage gehaltenen Eiskörner und die zahllosen Wassertropfen fangen an, nach unten zu fallen. Während vordem die Quelltürme sich unablässig nach oben zu ausdehnten und wie riesige Blumenkohlstauden aufwölbt, breiten sich jetzt an ihrer Stelle die zarten Eisschleier schirmartig aus. Die Gewitterwolke selbst nimmt immer dunklere und drohendere Farben an. Wir können uns jetzt schon denken, wie das kommt. Die Bildung

der Hagelkörner greift immer weiter nach unten um sich, in dem Maße, wie die Eiskörner und Tropfen infolge fehlenden Auftriebes von oben her „durchsacken“.

Schließlich steht eine unheimliche, gleichmäßig schwarze bis tief dunkelblaue Gewitterwand am Himmel, und ihr seht, wie sie immer mehr heraufzieht (Bild 12). An ihrem oberen Ende wird sie von einem weitausgebreiteten, bisweilen zerfaserten Cirrusschirm überragt. Infolge der größeren Windstärke in der Höhe eilt dieser dem Gewitter immer etwas voraus. Der Grad der Dunkelheit der Gewitterwand gibt uns schon einen gewissen Anhalt für die Schwere des bevorstehenden Gewitters.

Jetzt zuckt der erste Blitz und läßt Teile der Wolke für Augenblicke magisch aufflammen. Erst nach geraumer Zeit folgt der Donner. Das Gewitter ist noch etliche Kilometer entfernt. Die Zeit, die zwischen Blitz und Donner verstreicht, gibt uns recht gut über den Abstand, den ein Gewitter von uns hat, Aufschluß. Schallwellen pflanzen sich in Luft ungefähr um 330 Meter in der Sekunde fort. Sie sind also etwa eine Million mal langsamer als das Licht, welches wir praktisch im selben Augenblick, wenn es aufleuchtet, bereits mit unseren Augen wahrnehmen. Die Strecke von einem Kilometer wird von dem Schall des Donners in drei Sekunden zurückgelegt. Wir müssen demnach die Anzahl Sekunden, die wir zwischen dem Aufleuchten des Blitzes und dem Wahrnehmen des Donners gezählt haben, durch drei teilen und wissen dann, wie viele Kilometer das Gewitter noch entfernt ist. Etwa 15 bis 20 Kilometer weit ist der Donner hörbar. Viel weiter hingegen kann der Blitz wahrgenommen werden. Wir sprechen in solchen Fällen von *Wetterleuchten*. Über Blitz und Donner wollen wir späterhin noch etwas plaudern; doch verfolgen wir zunächst die weitere Entwicklung unserer Gewitterwolke!

Das Gewölk reicht jetzt über uns hinweg. Vorerst regnet es noch nicht. Es ist drückend schwül, und kein Lüftchen regt

sich. Da plötzlich kommt Bewegung in die schlaff und wie reglos verharrende Natur. Böen jagen heran und biegen Bäume und Sträucher schwer hernieder. Ungeheure Staubwolken, die vom ausgedorrten Boden aufgewirbelt wurden, erfüllen die Luft und nehmen uns Atem und Sicht zugleich. Dann peitscht der Regen hernieder und kühlt die schwüle Luft stark ab. In die umliegende, durch Überhitzung aufgelockerte Luft stürzen vom Regengebiet mit Gewalt Luftmassen. Das sind die heftigen Sturmwirbel, die dem Gewitterregen vorangehen und meist von nur kurzer Dauer sind. Rauscht erst die Regenflut hernieder, so ist oft schon wieder Windstille. Und doch können diese lokalen Stürme so heftig sein, daß sie starke Bäume knicken oder entwurzeln.

Wenn wir den Himmel betrachten, ehe der Regen einsetzt, so gewahren wir vor der tiefschwarzen Gewitterwand eine breite Wolkenwalze, die sich um eine horizontale Achse zu drehen scheint und sich auf uns zu bewegt. Diese Böenwalze ist nach oben zu stark zerzaust und aufgefaserter und wird wegen der Ähnlichkeit mit einem rüschenreichen Kragen als Böenkragen bezeichnet. Indem sie über uns hinweggeht, treten die beschriebenen heftigen Sturmwirbel auf, die schon so manchem Segler oder Faltbootfahrer zum Verhängnis geworden sind.

Der untere Rand der Wolke zeigt ebenfalls keine glatte Linie; er ist unregelmäßig und teilweise stark herabgebogen. Dunkle Fallstreifen hängen daraus hernieder. Vielfach jagen darunter noch tiefere, meist stark zerfetzte Wolkenballen dahin, zu unserer Überraschung dem Gewitter, das auf uns zukommt, gerade entgegen. In diesen Schichten ist also die Strömung nach dem Kern des Gewitters hin gerichtet. Doch bald verwischen die mächtig herabstürzenden Regenmassen weitere Einzelheiten der Struktur des Gewölkes. Bisweilen, vor allem zu Beginn des Gewitters, fallen auch Hagelkörner. Nun, wir wissen, daß der Hagel aus sehr großen Höhen herabkommt. Gelegentlich könnt ihr Hagelstücke

finden, die die Größe von Hühnereiern haben. Schneidet ihr mal eins davon durch, so werdet ihr feststellen, daß es aus mehreren Eisschalen, die sich eng aneinander schließen, aufgebaut ist. Immer weitere Flüssigkeitsmengen sind außen angefroren. Wir können daran ablesen, wie das Hagelkorn allmählich bis zu seiner endgültigen Größe angewachsen ist. Durch die Wucht des Aufschlags können die Hagelkörner erheblichen Schaden anrichten. Gar manches Getreidefeld sieht nach dem Unwetter wie niedergewalzt aus.

Dadurch, daß große Mengen von Eis- und Wassermassen aus der Höhe herabstürzen, wird auch Kälte mit in die unteren Schichten gebracht. Die „Böenwalze“ ist eine Art „Kaltfront“, die beständig von oben her mit neuer Kaltluft versorgt wird.

Jetzt befindet sich der Kern des Gewitters über uns. Häufig läßt in dem Augenblick der Regen vorübergehend etwas nach, hört manchmal sogar zeitweis ganz auf. Dann sind wir gerade unterhalb des ehemals kräftig aufstrebenden Luftstroms, dem die ganze Wolke ihre Entstehung verdankt. Er ist noch immer nicht gänzlich erloschen. Das Gewitter zieht weiter. Der Regen nimmt wieder zu. Wir nähern uns dem rückwärtigen Rande der Gewitterwolke. Elektrische Entladungen halten noch mit unverminderter Heftigkeit an. Aber schließlich läßt der Regen nach. Es wird ein bißchen heller am Himmel, wenn auch das Gewölk nicht sofort aufreißt.

Doch auch der Augenblick kommt! Lücken blauen Himmels zeigen sich und werden beständig größer. Oft schon wurden Maler angeregt, diese Stimmung einzufangen, eigentlich in weit stärkerem Maße als die dramatisch übersteigerte Szenerie. Es liegt ein eigener Zauber in diesen Augenblicken. Die Sonne wirft des späten Nachmittags goldenen Glanz über die Wolken (Bild 13), und oberhalb der aufgebrochenen tiefen Wolkendecke gewahrt man erneut die hochragenden, gefürmten Schneekuppeln des oberen Gewölks in ihrer er-

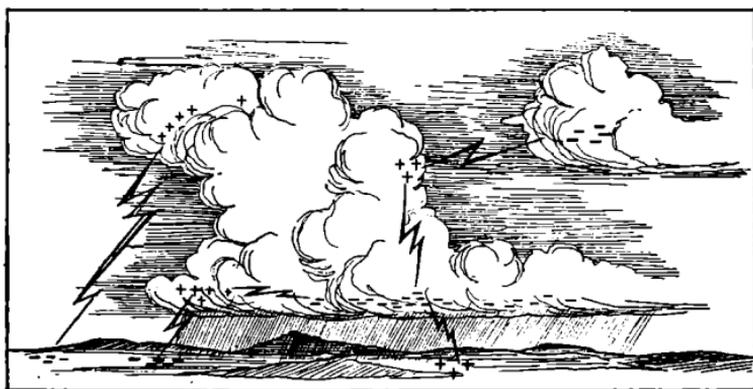
drückenden Wucht, die jetzt ebenfalls angestrahlt werden und in blendendem Weiß herübergrüßen. Immer noch hängen gleich riesigen Beuteln Fallstreifen aus ihnen herab. An diesen Stellen sind noch heftige Hagel- und Graupelgestöber im Gange, die der Wanderer, der im Hochgebirge von einem Gewitter überrascht wird, aus nächster Nähe kennen lernt. Wir im Tiefland hingegen bekommen zumeist nur einen kalten Platzregen zu spüren!

Unter Umständen zeichnet sich auf der Wolkenwand des abziehenden Unwetters ein Regenbogen ab. Oft bis spät in die Abendstunden kann man zuweilen an Tagen, an denen Gewitter niedergingen, auch wenn unser engeres Gebiet davon verschont blieb, über den ganzen Himmel chaotisch verteilt, Bündel stark zerfaserter Cirruswolken beobachten. Das sind die letzten Überreste der längst abgeregneten und in sich zusammengesunkenen Cumulonimben, die Ambofscirren. Sie werden auch als „falscher Cirrus“ (Cirrus nothus) bezeichnet.

Für wohl die meisten von uns sind bisher das Wesentliche an einem Gewitter Blitz und Donner gewesen. Jetzt aber ist uns klar, daß das in Wirklichkeit nur Begleiterscheinungen jenes Wetterprozesses sind, den wir als Gewitter bezeichnen. Das Entscheidende ist die kräftige Vertikalbewegung, die zu einer hochreichenden Umschichtung der ganzen Troposphäre und damit zum Aufbau der Cumulonimbus-Wolke führt.

Und wie kommt es nun zu den elektrischen Entladungen? Eine gewisse Raumladung ist in der Atmosphäre ständig vorhanden, denn es gibt in ihr immer einige Ladungsträger, sogenannte Ionen. Sie können positiv oder negativ geladen sein. Damit es nun zu einem Gewitter kommt und zu den bei diesem anzutreffenden gewaltigen Spannungen, muß es möglich sein, die beiden verschiedenartigen elektrischen Ladungen zu trennen. Dann sind also gebietsweise die Ionen eines bestimmten Vorzeichens in der Überzahl. Zu einem sofortigen Ausgleich der Ladungen kommt es nicht, weil die Luft

ein guter Isolator ist. Davon wird beispielsweise bei den Drehkondensatoren unserer Rundfunkgeräte Gebrauch gemacht. Zwischen den verschieden aufgeladenen Metallplatten befindet sich Luft als isolierendes Diëlektrikum und verhindert den Ausgleich der Spannungen. Nur laden wir einmal einen derartigen Kondensator zu stark auf, so können wir einen Funken überspringen sehen und erhalten damit sozusagen einen „Blitz in Miniaturausgabe“. Die Gewitterwolken können wir nun mit riesigen Kondensatoren vergleichen, bei denen vielfach die Erdoberfläche eine der beiden Belegungen darstellt. Was ermöglicht aber die Trennung der Ladungen in einem derartigen Ausmaß? Lange Zeit glaubte man, daß die im kräftigen Aufwind emporgetragenen Regentropfen der Anlaß seien, daß sie je nach ihrer Größe verschiedene Ladungen annähmen. Während nun die kleinen Tröpfchen mit ihren Ladungen nach oben gerissen werden, verbleiben die großen Tropfen am unteren Wolkenrande. Doch ist diese Auffassung heute nicht mehr haltbar. In erster Linie ist anscheinend für die Bildung der Gewitterelektrizität die Vereisung der Wolke verantwortlich. Doch sind es im einzelnen sehr verwickelte Vorgänge. Mit zunehmender „Vergraupelung“ der Gewitterwolke wachsen jedenfalls die elektrischen Ladungen und damit die Spannungen in ihr. In dem Maße, wie die Vereisung



der Wolke nach unten um sich greift, werden immer weitere Bereiche der Wolke aufgeladen.

Werden die Spannungen schließlich zu hoch, so springen Blitze über. Sie können innerhalb einer Wolke, zwischen zwei ungleichnamig geladenen Wolken und schließlich zwischen Wolke und Erde auftreten. Die Luft wird längs der Blitzbahn bis zum Aufleuchten erhitzt und gleichzeitig explosionsartig nach außen gedrängt, um danach wieder zurückzufluten. Hierbei wird der Donner erzeugt. Da etwa gleichzeitig von den verschiedensten Stellen des Weges, den der Blitz genommen hat, Schallwellen an unser Ohr gelangen, vernehmen wir nun dumpfes Rollen. Man hat sich schon oft mit dem Gedanken getragen, die in den Blitzen gespeicherte elektrische Energie zu nutzen, doch die Ergebnisse haben nie befriedigt, und man hat heute endgültig davon Abstand genommen.

Nicht nur sind die dafür erforderlichen Auffangapparaturen außerordentlich kostspielig, vor allem ist die Ausbeute an Energie verhältnismäßig gering. Das mag im ersten Augenblick merkwürdig erscheinen, denn wir wissen, daß bei Blitzschlägen recht beachtliche Energien frei werden. Doch überschlagen wir es einmal genauer! Wenn wir von den selten vorkommenden Kugelblitzen absehen, treten normalerweise bei Blitzen Spannungen von mehreren Millionen Volt und Stromstärken in der Größenordnung von 10–20 000 Ampère auf.

Nehmen wir einmal einen „bescheidenen“ Blitz von 2,5 Millionen Volt Spannung und 10 000 Ampère Stromstärke, so liefert dieser die immerhin beachtliche Leistung von 2,5 Millionen Volt mal 10 000 Ampère = 2 Millionen Kilowatt oder rund 34 Millionen PS (Pferdestärken). Das klingt viel, doch hat die Sache einen Haken! Um nämlich die verfügbare Energie angeben zu können, muß man noch berücksichtigen, für welche Zeit die errechnete elektrische Leistung zur Verfügung steht; denn Energie ist bekanntlich das Produkt aus

Leistung und Zeit. Blitze sind nun aber äußerst „kurzlebige“ Phänomene, die meist nur Bruchteile von Sekunden dauern. Nehmen wir an, der unsrige nähme $\frac{1}{500}$ Sekunde an Zeit in Anspruch — es gibt noch wesentlich kürzere! Dann wäre also der Leistungswert noch mit $\frac{1}{500}$ Sekunde oder, was das gleiche ist, mit dem 1 800 000sten Teil einer Stunde, zu multiplizieren. Wir erhalten rund 14 Kilowattstunden. Das also wäre die Energie, die in unserem Blitz steckt. Und wenn wir sie nun mit unserer monatlichen Lichtrechnung daheim vergleichen, so stellen wir fest, daß wir mit einem Blitz nicht allzuweit kommen würden. Rechnen wir gar die Kilowattstunde zu 8 Pfennigen, so ist unser Blitz wenig mehr als eine Mark wert! Da sind wir freilich enttäuscht. Aber selbst stärkere Gewitter würden uns nicht mehr als einige Tausend Kilowattstunden zur Verfügung stellen. Demgegenüber liefert ein normales Kraftwerk in der Regel einige Millionen Kilowattstunden. Darum lohnt sich gar nicht, kostspielige Geräte zum Auffangen von Blitzenergie zu bauen. wie es in den dreißiger Jahren in den Südalpen am Monte Generoso versucht worden ist.

Außer den beschriebenen „Wärmegewittern“, die dem Hochdruckwetter und der warmen Jahreszeit angehören, gibt es eine Art, die einer anderen Wetterlage zugehört. Ihr habt bestimmt schon einmal mitten im Winter ein Gewitter erlebt, oder ihr wurdet des Nachts davon überrascht. In beiden Fällen können nicht die geschilderten Konvektionsprozesse die Entstehungsursache sein, sondern es handelt sich um kräftige Kaltlufteinbrüche mit feuchter, sehr labil geschichteter Luft, die über unser Gebiet hinweggehen. Die Vorderseite der herannahenden Kaltluft wird von einer Gewitterfront gebildet. In ihr können wir die gleichen Erscheinungen wie in der beschriebenen Böenwalze beobachten. Diese Art von Gewittern heißen Frontgewitter. Sie sind weder an eine bestimmte Jahreszeit gebunden, noch auf bevorzugte Stunden am Tage beschränkt.

VON STAU UND FÖHN

An der Ausprägung des Wolkenhimmels ist auch die Erdoberfläche beteiligt. Das kommt den Bewohnern des flachen Landes meist nur wenig zum Bewußtsein, denn hier scheint im allgemeinen das Wetter mit seinen vielgestaltigen Wolkenbildern in unablässigem Wechsel über den Beobachter dahinzuziehen, von fern her mit der vorherrschenden Luftströmung heran und nach der entgegengesetzten Richtung wieder weitergetragen zu werden. Doch bereits beim Schönwetterhimmel beobachten wir, daß infolge unterschiedlicher Erwärmung des Untergrundes kleinräumige, aufwärtsgerichtete Strömungen entstehen, die dann der Anlaß zur Bildung von Quellwolken werden .

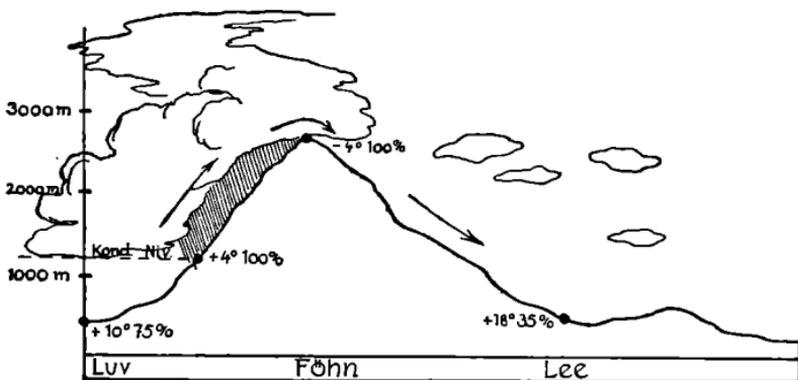
Ein Gebirge aber kann gelegentlich geradezu eine Klimascheide darstellen und wirkt sich in weit stärkerem Maße auf die Gestaltung des Wolkenbildes aus. Es ragt in die unteren Luftschichten empor und übt auf die strömende Luft ungefähr die gleiche Wirkung aus, wie ihr sie am Brückenpfeiler in einem Strome beobachten könnt. Hier werden die anbrandenden Wassermassen zum Ausweichen gezwungen und gegen die benachbarten gedrängt, so daß sich vorübergehend ihre Geschwindigkeit steigert. Haben sie das Hindernis überwunden, so treten sie wieder auseinander, und in Lee des Pfeilers sind eine Reihe kleinerer und größerer Wirbel zu beobachten, bis sich in gewissem Abstand wieder ruhige Strömungsverhältnisse einstellen.

In ähnlicher Weise werden Luftmassen, die in der allgemeinen Strömung auf ein Gebirge zusteuern, besonders dann, wenn sie senkrecht zu dessen Kammrichtung auftreffen, vor diesem gestaut und dadurch zum Aufsteigen veranlaßt. Dabei werden ihre Strömungsbahnen zusammengedrängt, und die Wind-

geschwindigkeit nimmt zu. Ihr wißt, daß auf frei gelegenen Bergkuppen, selbst wenn es sich um bescheidene Höhen handelt, der Wind immer frischer pfeift als in der Ebene.

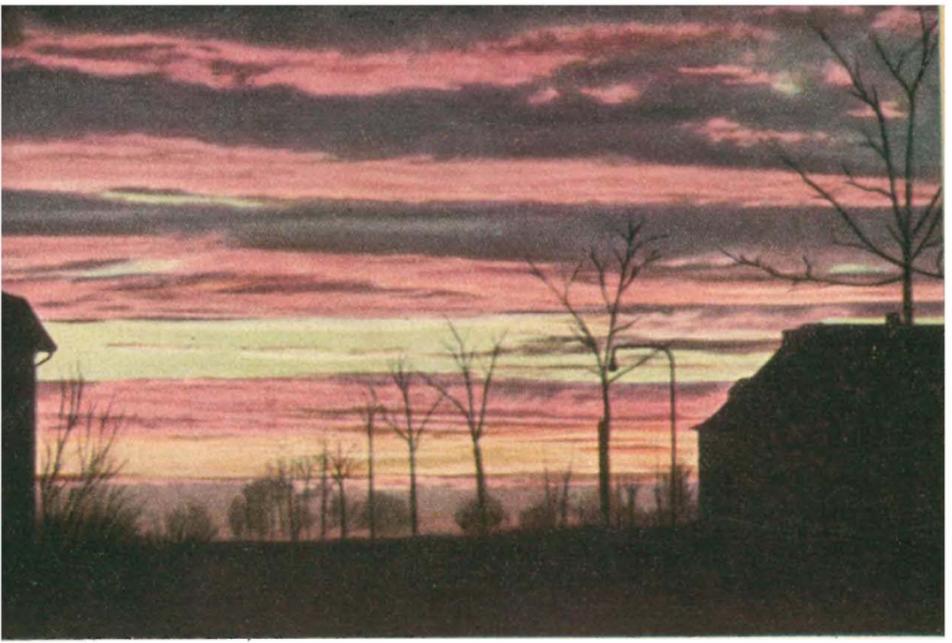
Was spielt sich dabei aber in der Luft selbst ab? Wir hörten, daß die Luft sich beim Aufsteigen abkühlt, daß die in ihr vorhandene Feuchtigkeit schließlich in das Stadium der Sättigung gelangt, daß das Kondensationsniveau erreicht wird und sich Wolken bilden. Liegt das Kondensationsniveau unterhalb des Gipfels oder des Kammes, so ist das Gebirge sehr bald in eine dichte Wolkenkappe gehüllt. Sie kann unter Umständen noch mächtig emporwachsen, denn immer neue Luftmassen gleiten am Berghang aufwärts und bringen Luftfeuchtigkeit mit. So entstehen auf der Luvseite eines Gebirges Stauwolken.

Sie werden schließlich so schwer und mächtig, daß sie die gespeicherte Flüssigkeitsmenge nicht mehr zu halten vermögen und Niederschläge zu fallen beginnen. Im Stau eines Gebirges können sehr ergiebige Regenfälle niedergehen; Gebiete, in denen derartige Wetterlagen häufiger vorkommen, sind berüchtigt, wie etwa das Salzburger Land oder das Allgäu. Wer hat nicht schon etwas von dem „Schnürl-Regen“ gehört, der bisweilen tagelang andauert! Haben die Luftmassen den Kamm überschritten, so gleiten sie auf der Lee-seite in die Täler ab. Dabei erwärmen sie sich oft beträchtlich.



Die Niederschläge klingen ab, und die Bewölkung löst sich auf. Das ist der Föhn. Das beigefügte Schema veranschaulicht den Vorgang näher.

Wir wollen annehmen, daß auf der Stauseite eines Gebirges die Luft in 500 Meter Höhe zuerst eine Temperatur von 10 Grad Celsius und eine relative Feuchtigkeit von 75 Prozent habe. Während des Aufsteigens kühlt sie sich nun zunächst um ein Grad pro 100 Meter ab, bis der Taupunkt erreicht wird und die überschüssige Feuchtigkeit zu kondensieren beginnt. Das ist in unserem Beispiel bei 1100 Metern der Fall. Die Lufttemperatur beträgt hier nur noch $+4$ Grad Celsius, während die relative Feuchtigkeit auf 100 Prozent angestiegen ist. Die Luft bewegt sich weiter bis zum Kamm des Gebirges aufwärts, der im angegebenen Falle in 2700 Meter Höhe liegen soll. Infolge der durch beständige Kondensation freierwerdenden Wärme kühlt sich die Luft jetzt beim Aufstieg nur noch um 0,5 Grad pro 100 Meter ab, das heißt, innerhalb der weiteren 1600 Meter um 8 Grad Celsius, so daß die Temperatur nunmehr auf -4 Grad abgesunken ist. Die relative Feuchtigkeit ist bei 100 Prozent geblieben, denn wir befinden uns noch nach wie vor im Bereich der Stauwolkenzone. Es ist mittlerweile in reichem Maße Niederschlag ausgefallen, und die Luft ist wesentlich trockener geworden. Nun beginnt die Abwärtsbewegung der Luft auf der Leeseite des Gebirges. Mit ziemlichen Windstärken braust der Föhn in die Täler. Die Luft erwärmt sich adiabatisch, und da sie sich in ungesättigtem Zustand befindet, kommt jeweils wieder 1 Grad auf 100 Meter. Wählen wir nun eine Talstation in einer Höhe von 500 Metern aus, um einen guten Vergleich zu dem Ausgangspunkt zu haben, so kommt hier die absteigende Luft mit einer Temperatur von $+18$ Grad Celsius an, denn bei dem Herabstürzen um 2200 Meter hat sie sich um 22 Grad erwärmt. Die Luftfeuchtigkeit ist dabei auf 35 Prozent zurückgegangen. Das bedeutet, daß die Luft auf der Föhnseite des Gebirges um ganze 8 Grad wärmer an-



17 Auflockernde Schichtwolkendecke im Abendrot

18 Hohe Schleierwolken mit einzelnen tiefen Fetzen





19 Faserzirren



20 Hohe Eiswolken
in Form von Wetter-
bäumen



21 Hohe Schäfchenwolken (Cirrocumulus)

22 Sonnenuntergang in Altostratus. Herannahen eines Tiefdruckgebiets





23 Aufgleitbewölkung im Flachland

24 In Auflösung begriffenes Altocumulus-Feld



kommt, als sie auf der Stauseite aufgestiegen ist. Gleichzeitig ist sie wesentlich trockener geworden. Das sind aber die charakteristischen Eigenschaften des Föhnwindes, seine auffällige Wärme und Trockenheit. Sie machen ihn besonders in der kalten Jahreszeit zu einer im ganzen Alpengebiet gefürchteten Erscheinung. Denn bricht er unvermittelt im Frühjahr los, so ruft die sprunghaft ansteigende Temperatur allenthalben Tauwetter hervor. Dann lösen sich Lawinen in den Bergen und gleiten verderbenbringend in die Täler hinab. Infolge der überstürzten Schneeschmelze treten Hochwässer auf. Nimmt der Föhn Sturmesstärke an, so kann er auch zur Ausbreitung von Schadenfeuern beitragen. Dagegen wird seine Wärme gern in den Herbstmonaten gesehen, da er dann zum Ausreifen der Kulturen noch behilflich ist. Im Graubündischen wird er geradezu als „Traubenkocher“ bezeichnet.

Für Föhnwetterlagen ist ferner eine außerordentlich gute Fernsicht charakteristisch. Ferne Bergspitzen, die nur selten sichtbar sind, weil sie für gewöhnlich im Dunst stecken, erscheinen auf einmal zum Greifen nahe, und allerlei Einzelheiten lassen sich an ihnen ausmachen. Auch das ist eine Folge der absteigenden Luftbewegung auf der Leeseite, die die Sperrschichten beseitigt und die Verunreinigungen nach unten befördert.

Schaut man von der Leeseite auf ein Gebirge bei Föhnlage, so sieht man deutlich über den Kamm die Staubewölkung hinwegragen. Man nennt das die Föhnmauer. Sie macht infolge ihrer scheinbaren Bewegungslosigkeit einen verhältnismäßig harmlosen Eindruck. Doch wer selbst einmal Gelegenheit hatte, auf der Stauseite ein Gebirge zu besteigen, der weiß es besser! Da peitschen heftige Böen Wolken Schwaden gegen Hänge und Gipfel, daß Klippen- und Wandpartien rauchen! Die Sicht wechselt beständig, doch meist befindet man sich in dickem Nebel, aus dem Regen fällt. Nebel, Nässe, Kälte und Sturm, das sind die bleiben-

den Eindrücke, die man empfängt! Solches Wetter ist im Hochgebirge eine ernste Gefahr!

Auf der Leeseite des Gebirges löst sich das Gewölk infolge der absteigenden Bewegung auf. Hier entsteht die sogenannte Föhn-lücke. Föhnmauer und Föhn-lücke sind also Auswirkungen ein und desselben Vorganges.

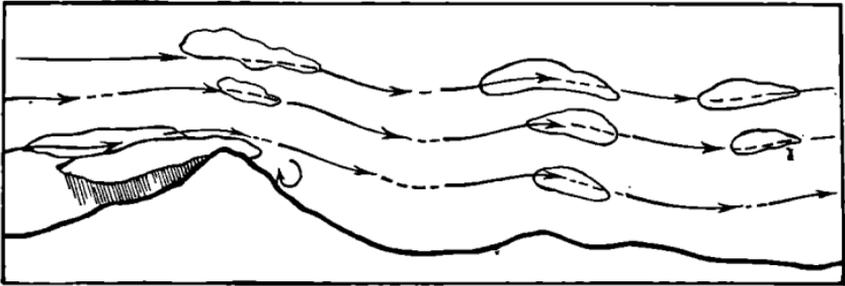
Auch in unseren Mittelgebirgen tritt, was zwar nur wenige wissen, gar nicht allzu selten Föhn auf, nur ist seine Wärmewirkung längst nicht so bedeutend wie die des Alpenföhns. Aber es handelt sich ja auch um viel bescheidenere Höhen, über welche die Luftmassen hinwegströmen. Der Temperaturunterschied zwischen Luv- und Leeseite beträgt, wie nicht anders zu erwarten, meist nur wenig über ein Grad. Es kommt dabei sehr darauf an, in welchem Winkel der Wind zur Streichrichtung des Gebirges weht. Der Thüringer Wald beispielsweise, der sich von Nordwest nach Südost erstreckt, liegt bei Südwestwind quer zur Strömung und bietet dann geeignete Vorbedingungen für Stau und Föhn. Das Erzgebirge wiederum wird bei Nordwestwinden von Norden her zugestaut. Dann reichen oft die Wolkenfelder bis weit ins Vorland, zuweilen bis ins Leipziger Gebiet, während sich im Süden auf der Seite des Egertals die föhnhafte Auflockerung der Bewölkung bemerkbar macht.

Wie erscheint uns nun der Himmel während einer Föhnlage? Wir wählen ein Beispiel aus Thüringen bei Südwestwind (Bild 14, 15). Die Südabdachung des Gebirges liegt in Stau. Gelegentlich erstrecken sich Nebelfelder vom Werratal bis zu den Kammlagen hinauf. Und die Becken von Schmalkalden und Brotterode sind mit tiefen Wolken verhangen. Auch die Kammlagen selbst sind in der Regel eingehüllt, doch kommt es gelegentlich vor, daß die höchsten Gipfel, wie Beerberg und Großer Inselsberg, über die Staubewölkung hinwegragen.

Blickt man vom Thüringer Becken — von Norden her also — nach dem Kamm (Bild 14) zu, so überrascht die außerge-

wöhnlich gute Sicht. Scharf heben sich die Konturen des Gebirges vom Hintergrund ab und erscheinen ungeheuer nah, so daß viele Einzelheiten, Waldgrenzen, vorgelagerte Berge und Höhenzüge und auch Siedlungen deutlich zu unterscheiden sind. Von der Luvseite des Gebirges ragt die Staube- wölkung herüber und bildet eine Föhnmauer. Es kann vor- kommen, daß das Kondensationsniveau erst oberhalb der höchsten Erhebungen liegt. Dann ist der Kamm vollkommen frei (Bild 14), und eine Kette von Quellwolken folgt seinem Verlauf und kündigt von der hier vor sich gehenden Aufwärtsbewegung innerhalb der Luft. Auf der Leeseite ist vor dem Gebirge eine wolkenfreie Zone (Bild 15) wahrzu- nehmen, die der abwärtsgerichteten Luftbewegung ihre Ent- stehung verdankt. Diese „Föhnluce“ umfaßt einen etwa 10 bis 20 Kilometer breiten Streifen längs des Gebirgsran- des, der bis Gotha oder Arnstadt ins Vorland hinausgreift. Es ist auch eindrucksvoll, wenn von Westen eine Störungs- linie, etwa eine Warmfront, heranrückt. Auch sie wird zu- nächst vom Stau am Gebirge beeinflusst. Ihre Bewölkung verdichtet sich und reicht tiefer herab, und die Niederschläge fallen reichlicher. Auch wird sie meist längere Zeit zurück- gehalten. Tritt sie dann auf die Leeseite des Gebirges über, so wird sie durch absteigende Strömungen strichweise ge- schwächt. Es können sogar Lücken in der Wolkendecke ent- stehen. Die Niederschläge lassen nach. Erst viel weiter östlich schließt sich das Gewölk, und die Front lebt mit allen ihren Begleiterscheinungen wieder auf.

Aber selbst in höhere Schichten der Atmosphäre reicht der Einfluß eines Gebirges empor. Der aufmerksame Beobachter kann häufig auf der Föhnseite, wo die tiefen Wolken im Bereich der Föhnluce fehlen, in viel größeren Höhen von etwa 3000 Metern unbewegliche, hellglänzende Wolken von langgestreckter, auffallend glatter Form bemerken. Wie an riesige Zigarren oder auch an Fische erinnernd, sind sie meist zu mehreren dem Verlauf des Gebirgskammes parallel an-



geordnet. Wegen ihres linsenförmigen Querschnittes werden sie als *Alto cumulus lenticularis* oder kurz „Lenticulariswolken“ bezeichnet. Ihre dünn zulaufenden Ränder schimmern — irisieren, wie man sagt — bisweilen in regenbogenartigen Farben von grün bis rot. Binnen weniger Minuten können solche Wolken trotz ihres schier unveränderlichen Standortes ihre Form grundlegend wechseln. Oft sind sie ebenso rasch wieder verschwunden, wie sie sich gebildet haben. Gern erscheinen sie doppelt oder dreifach in Stockwerken übereinander geschichtet. Dann wieder verwachsen mehrere zu grauen undurchdringlichen Bänken. Andererseits ist überraschend, wie sie bei jeder ähnlich gearteten Föhnlage eigentlich immer wieder an annähernd derselben Stelle auftreten. In ihrer parallelen Aufreihung erinnern sie an die Schaumkämme „erstarrter Wogen“ (Bild 16). Dieser Vergleich ist gar nicht so abwegig, wie wir gleich sehen werden. Über der unteren Staubewölkung ist vielfach eine deutliche Inversion oder Sperrschicht ausgebildet. Über und unter ihr herrschen vollkommen verschiedene Verhältnisse. Unterhalb weht meist ein recht böiger Wind. Infolge der starken Geländeunterschiede, der vielen Hindernisse an aufragenden Kuppen und Bergzügen ist hier die Strömung verwirbelt. Oberhalb der Inversion hingegen bläst zwar meist ein bedeutend stärkerer Wind, doch ist die Strömung ausgeglichen und gleichmäßig, nur ist sie infolge des Bodenreliefs leicht in Wellen gelegt. Die von der Strömung mitgeführten Luft-

teilchen werden also streckenweise angehoben und streckenweise gesenkt. Werden die Schichten in der Umgebung des Kondensationsniveaus von solcher wellenartigen Bewegung erfaßt, so macht sich dies in der Wolkenbildung bemerkbar. Dort, wo die Luft aufsteigt bis hin zum Gipfel, entstehen Wolken, während die Abwärtsbewegung gleichbedeutend mit dem Auflösen derselben ist. Nun werden uns die glatten Ränder solcher Lentikulariswolken verständlich. Man nennt sie geradezu „Abschmelzkanten“, denn hier finden sich beständig abwärts gerichtete Bewegungen, und Wolkentröpfchen verdampfen. So bildet sich der glatte, zugespitzte Saum. Die Wellenbewegung der hohen Luftschichten über einem Gebirge zeichnet sich also gleichsam in den Wolken ab. Die parallelen Wolkenzüge stellen die sichtbar gewordenen Kämme jener an sich unsichtbaren Luftwogen dar.

Die Kenntnis von diesen Strömungen hat für den Segelflug große Bedeutung erlangt. Segelflieger sind es überhaupt gewesen, die uns das Geheimnis der hohen Föhnwolken entschleiern haben. In der oberen, ruhigen Föhnströmung finden sich günstige Flugmöglichkeiten. Das lautlose Gleiten und Schweben zwischen jenen glatten, in der Sonne schimmernden Wolkenrücken wird als bezauberndes Erlebnis geschildert. Selbst über den Alpen wurde bei Föhn der Segelflug gewagt und zeitigte zur Überraschung glänzende Erfolge. Über den Hohen Tauern wurde unter Benutzung des Aufwindes der „hohen Föhnwelle“ die beachtliche Höhe von 11 400 Metern erreicht.

WIE SICH SCHLECHTWETTER ZUSAMMENBRAUT

Schlechtes Wetter ist in unserer Vorstellung aufs engste verknüpft mit stark bewölktem Himmel. Zudem sind in unseren Breiten die Schlechtwetterlagen im Jahreslaufe bei weitem die häufigeren. Wir wollen nun auch die an solchen Tagen sich bietenden Ansichten des Wolkenhimmels einmal eingehender kennen lernen. Dabei stoßen wir zugleich auf folgende Schwierigkeit: Ein vollständiges Erfassen all der vielen Wolkenarten, die gleichzeitig den Himmel bedecken, ist vom Boden aus meist gar nicht möglich, da die mehr oder weniger geschlossenen tiefen Wolkenschichten den Blick nach oben uns verwehren.

Wir müssen zunächst einmal zu verstehen versuchen, wie schlechtes Wetter überhaupt zustande kommt, um die dabei auftretenden Wolkenarten hinsichtlich ihrer Entstehung einordnen zu können. Der Meteorologe spricht von einer Tiefdruckwetterlage oder vom Vorüberzug einer Zyklone. Es kann hier nur kurz angedeutet werden, wie es zur Entstehung derartiger „Störungen“ unseres Wetters kommt. Das Wetter ist nicht nur von der am Ort unmittelbar über uns befindlichen Luft abhängig, wie es bei Hochdruckwetter zumeist der Fall zu sein pflegt. Mit den Strömungen der allgemeinen Zirkulation unserer irdischen Atmosphäre werden zu uns auch Luftmassen aus anderen Gebieten herangeführt. Bei uns im mitteleuropäischen Raum treten nicht nur solche aus gleicher geographischer Breite auf, sondern die nördlichen Polargebiete und die subtropische Zone liefern uns bisweilen ebenso Luftmassen. Besonders entscheidend ist wohl die Wechselwirkung von polarer und

tropischer Luft, um nur die beiden wichtigsten Luftmassen zu nennen; es gibt aber bedeutend mehr. Der Fachmann vermag nach Herkunftsgebieten und Weg, den sie bis zu uns genommen haben, zwölf zu unterscheiden.

Die Luftmassen unterscheiden sich von einander nicht nur nach ihrer Temperatur. Diese ist oftmals gar nicht das typischste Kennzeichen. Meist gewinnen eine ganze Anzahl von Eigenschaften bestimmende Bedeutung. Die Feuchtigkeit kann sehr unterschiedlich sein, je nachdem, ob die Luft vom Meere oder aus dem Innern des Festlands zu uns kommt. Auch die Menge der beigemischten Verunreinigungen, wie Staub, Kondensationskerne, Dunst, kann sehr stark schwanken. Es läßt sich zum Beispiel auf den ersten Blick die reine und durchsichtige polare Meeresluft von der meist stark verunreinigten, dunstigen tropischen Festlandsluft unterscheiden. Auch der Grad der Bögigkeit ist in diesen beiden Luftmassen deutlich verschieden.

Oftmals bewegen sich verschieden ausgestattete Luftmassen aufeinander zu und kommen schließlich dicht nebeneinander zu liegen. Dann bildet sich zwischen beiden ein Bereich ziemlich unvermittelten Übergangs von der einen zur anderen, eine Front. Immerhin dürfen wir uns diese nicht gar zu flächenhaft, etwa wie eine Wand, vorstellen. Vielmehr handelt es sich um einen viele Kilometer breiten Übergangsstreifen von der einen Luftmasse zur anderen. Es ist hierfür der Name „Frontalzone“ geprägt worden. Er wird der Wirklichkeit besser gerecht.

Je stärker die Unterschiede der beiden aneinandergrenzenden Luftmassen sind, umso lebhafter gestalten sich im Bereich der Fronten die Wettervorgänge. Allmählich jedoch gleichen sich die Gegensätze aus. Die Front zerfällt. Es bleibt allenfalls eine Luftmassengrenze übrig, die keine besonderen Wettererscheinungen mehr zeigt. Reste von Wolkenfeldern erinnern noch an ihre ehemalige Wirksamkeit. Wenn sich Luftmassen von ihrem Ursprungsgebiet entfernen, verlieren

sie mehr und mehr ihre charakteristischen Eigenschaften, da sie von den Bedingungen ihrer neuen Umgebung beeinflusst und verändert werden. „Sie altern“, wie der Fachmann sagt.

Frontalzonen erstrecken sich nicht von der Erdoberfläche senkrecht nach oben, sondern sind immer mehr oder minder stark geneigt. Auf die Luftteilchen wirken Kräfte, die von der Erdrotation herrühren, und außerdem müssen wir bedenken, daß wir hier keine ruhenden Luftmassen vor uns haben, wie es gelegentlich im Hochdruckgebiet der Fall ist. Hier sind in jeder der beiden Luftmassen andere Windverhältnisse nach Stärke und Richtung entwickelt, und die Front sucht eine Art Gleichgewicht herzustellen.

Wir beobachten ausschließlich sehr flach geneigte Grenzflächen in der Atmosphäre. Wegen der unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten zu beiden Seiten der Front wirkt sie als Gleitfläche, indem die schnellere und meist wärmere Luft über die langsamere kältere Luft aufwärtsgleitet. Es vollzieht sich also ein ähnlicher Vorgang, wie wir ihn von Berghängen kennen, an denen sich in der aufsteigenden Luft Stauwolken bilden.

Die Atmosphäre erzeugt sich also unter Umständen die für die Wolkenbildung notwendigen Gleitflächen selbst. Die hierbei auftretenden Neigungswinkel sind wesentlich kleiner als im Gebirge. Wir können sie uns gar nicht gering genug vorstellen. Es liegen praktisch die gleichen Steigungsverhältnisse vor, wie sie bei der Eisenbahn als zulässig erachtet werden, nämlich etwa 1 : 300 bis 1 : 700. Die Front steigt also ganz unmerklich an.

In einem Schlechtwettergebiet sind jetzt über Räumen von Hunderten von Quadratkilometern Luftmassen in ganz langsam aufsteigender Bewegung begriffen. Eine schwere, in Bodennähe befindliche Kaltluft hat für Warmluft, die gegen sie anströmt, dieselbe Wirkung wie ein aufragendes Gebirge. Sie bildet ein Hindernis und zwingt die Strömung zum Auf-

steigen. Nur ist im Gegensatz zu dem unverrückbar an ein und demselben Orte verharrenden Gebirge unsere Kaltluftmasse auch noch selbst in Bewegung, so daß sich die Aufgleitfläche ebenfalls verlagert und wir den Eindruck gewinnen, die Front wandere über uns hinweg. Die Hauptbewegungsrichtung ist in unseren Breiten von Westen nach Osten. Wir sprechen geradezu von Westwetter, weil die meisten Wettererscheinungen am westlichen Horizont auftauchen und dann ostwärts davonziehen. West- und Südwestwinde sind auch die häufigsten, die wir an unserm Heimatort das Jahr hindurch feststellen können.

Nehmen wir also an, in dieser Westströmung driftete eine Anzahl solcher Kaltluftberge, und über sie hinweg ginge eine schnellere, etwas wärmere Strömung! Dann fände an der Luvseite derselben beständig Aufgleiten von wärmerer Luft statt. Hier würden sich weiträumige Felder von Schichtwolken bilden. An der Leeseite gleitet die Warmluft wieder herab. Hier müßte es zur Auflösung der Bewölkung, zum mindesten zu einer Auflockerung kommen.

Es entsteht dadurch bereits eine gewisse Wechselhaftigkeit, wie sie für unser Wetter bezeichnend ist. Zunahme der Bewölkung bis zur vollen Bedeckung des Himmels, alsdann allmähliche Auflockerung des Gewölks bis zur zeitweiligen Wolkenlosigkeit sind uns als charakteristische Züge des normalen Wetterablaufs durchaus vertraut.

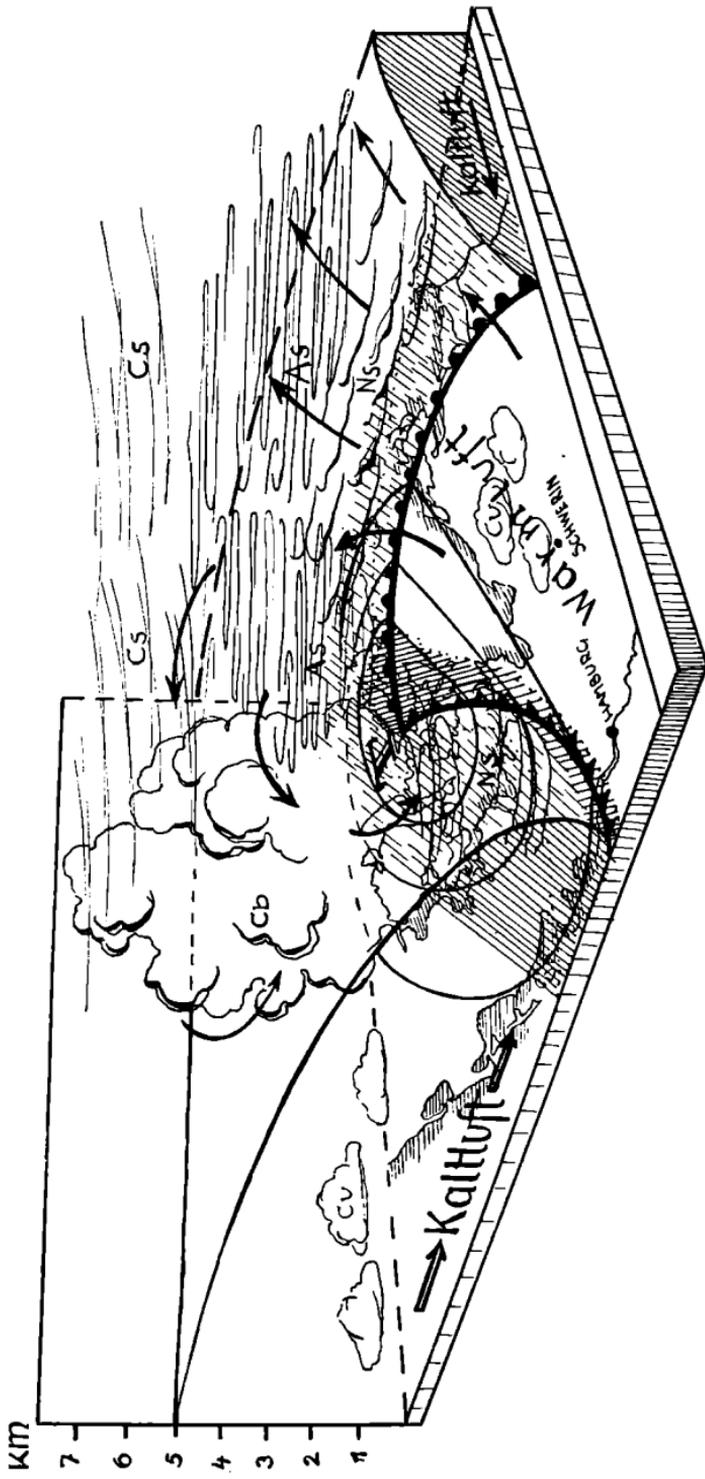
Aber es kommt im Bereich der Frontalzone zu regelrechten Verwirbelungen der aneinandergrenzenden Luftmassen. Dabei bilden sich die Zyklonen. Das sind Wirbel mit nahezu senkrechter Achse. Gleichzeitig stellen sie Gebiete tiefen Luftdrucks dar und werden deshalb auch als Tiefdruckgebiete oder Depressionen bezeichnet. Ihr tiefer Druck ist eine Folge der Verwirbelung. Auf spiraligen Bahnen wehen Winde nach dem Zentrum der Zyklone zu. Aus der Umgebung werden beständig neue Luftmassen in den zyklonalen Prozeß einbezogen und verwirbelt. Gleichzeitig treten

in höheren Schichten Luftmassen aus ihm heraus, wobei der Wirbel selbst sich allmählich verlagert. Er verfügt gleichsam über eine Art „Stoffwechsel“. Er ist nichts Festes und Fertiges, sondern ein in ständiger Entwicklung begriffener Prozeß, wie etwa auch die Wolken.

Auf der dem Pol zugekehrten Seite eines Tiefdruckgebietes befindet sich Kaltluft. Mit der das Tief im Gegenuhrzeigersinne umkreisenden Strömung gelangt sie immer mehr auf die Westseite desselben, die auch „Rückseite“ genannt wird. Umgekehrt bewegt sich die auf der Südseite der Zyklone befindliche Warmluft, die hier einen mehr oder weniger breiten Warmsektor bildet, immer mehr nach der „Vorderseite“, wobei sie über die hier in den unteren Schichten gelegene Kaltluft in der oben beschriebenen Weise aufgleitet.

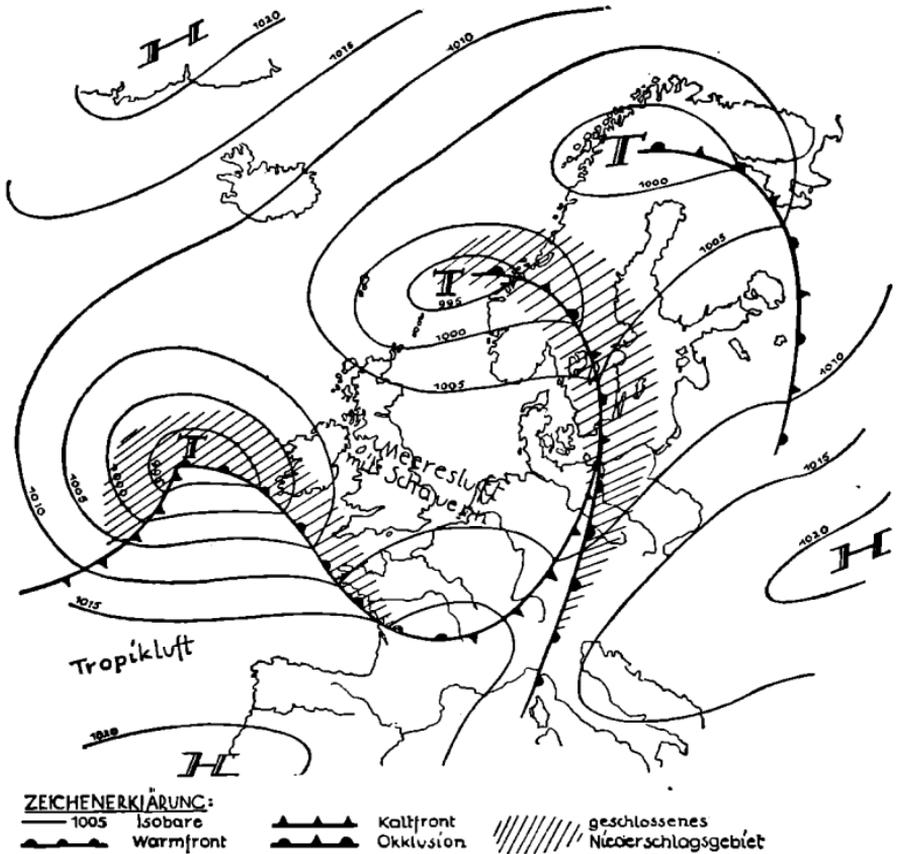
Wir können daher bei jeder voll entwickelten Zyklone deutlich eine Warm- und eine Kaltfront unterscheiden, an der die eine oder die andere Luft im Vordringen begriffen ist und die andere verdrängt. Dieses Zyklonenmodell wurde von dem Norweger V. Bjerknes um 1920 entwickelt. Wenn sich auch seitdem unsere Kenntnisse in vielen Einzelheiten wesentlich erweitert haben, gibt es uns noch immer eine Grundlage für die Veranschaulichung der Vorgänge des „gestörten Wetters“. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß es sich dabei nur um ein idealisiertes Modell handelt. Die Wirklichkeit selbst ist im allgemeinen wesentlich komplizierter, und wirklich „ideal“ ausgebildete Zyklonen gibt es eigentlich nur auf den Weltmeeren. Hier erfahren die Luftmassen und die Fronten durch den Untergrund keinerlei Beeinflussung und Abwandlung wie auf dem Festlande.

Zyklonen treten meist zu mehreren in „Familien“ auf und wandern in vorwiegend östlicher Richtung, wobei sie eine Entwicklung durchmachen. Da in der Kaltluft der Rückseite meist stärkere Winde vorherrschen als in der Warmluft, wird der warme Sektor im Laufe der Entwicklung immer kleiner.



Schließlich hat die Kaltfront die Warmfront am Boden eingeholt. Dann hat der Wirbel zumeist den Höhepunkt seines Daseins überschritten und „füllt sich auf“, die Gegensätze des Luftdrucks gleichen sich aus. Die Winde flauen ab, und die Vorgänge an den Fronten erlöschen allmählich, da sich auch die Unterschiede in den Luftmassen verwischt haben. Schließlich ist von dem Wirbel nichts mehr zu bemerken.

Wenn ihr einmal Gelegenheit habt, eine Wetterwarte zu besuchen, so könnt ihr euch auf der Wetterkarte die Darstellung eines solchen Tiefdruckgebiets zeigen lassen. Meist



sind auf einer solchen Karte, die ganz Europa und einen Teil des atlantischen Ozeans bis nach Grönland und zu den Azoren umfaßt, eine ganze Reihe von Hoch- und Tiefdruckgebieten zu sehen. Linien gleichen Luftdrucks oder Isobaren umschließen die Druckgebilde, die mit den Buchstaben H als Hochdruckgebiete oder T als Tiefdruckgebiete gekennzeichnet sind. An zahlreichen Beobachtungsstationen sind in Symbolen und Zahlen Wettermeldungen eingetragen. Für den Eingeweihten geben sie in knapper und klarer Form Auskunft über das zu bestimmter, gleicher Zeit an den Stationen beobachtete Wetter. Uns interessiert besonders die Lage der Fronten in den Zyklonen. Wir wollen wissen, wo Regen fällt und wie die Bedeckung des Himmels ist, vielleicht auch, was im einzelnen für Wolken vorkommen. Auch über Windrichtung und Stärke wollen wir Auskunft haben. Das alles entnehmen wir der Wetterkarte ohne Schwierigkeit. Dem Fachmann beantwortet sie darüber hinaus noch manche andere für ihn wichtige Frage.

ES TRÜBT SICH EIN — LANDREGEN

Das heitere, teils wolkenlose Wetter hatte mehrere Tage angehalten. Aber während es sonst immer ziemlich windstill war, ist heute zum ersten Mal wieder ein frischer Westwind zu spüren. Ob sich das Wetter ändern will? Am Himmel ist vorerst noch nichts Besonderes zu erkennen. Einige Haufenwolken sind am Himmel, wie in den letzten Tagen auch. Nur während sie sonst fast stillzustehen schienen, bewegen sie sich heute in schnellem Zug in östlicher Richtung.

Wir sehen auf unser Barometer. Es ist ein paar Millimeter gefallen! Offenbar ist in der Höhe wärmere Luft herangeführt worden, die dies verursacht.

Der Rauch wird von den Schornsteinen heute so merkwürdig herabgedrückt. Uns ist nun im ersten Augenblick nicht ganz verständlich, wie die Erscheinung mit einer Wetterverschlechterung zusammenhängen soll! Doch überlegen wir und finden, es verhält sich hier so ähnlich, wie wenn der Ofen nicht ziehen will, weil „die Sonne auf der Esse liegt“. Die Temperatur der Außenluft ist angestiegen. Im Schornstein hingegen ist die Luft noch kälter. Nun wirkt sie wie ein Pfropfen und hindert die Ofengase am Entweichen. Sie treten unten zur Ofentür aus, und der „Ofen qualmt“. Bei der bevorstehenden Wetteränderung ist es die in der Höhe zuströmende Warmluft, die so wirkt, besonders in der kalten Jahreszeit. Die aus dem Schornstein hervorquellenden Rauchschwaden haben sich an den noch kalten Wänden desselben so stark abgekühlt, daß sie schwerer sind als die darüber befindliche Luft. Sie erfahren daher keinen Auftrieb, sondern werden statt dessen zu Boden gedrückt.

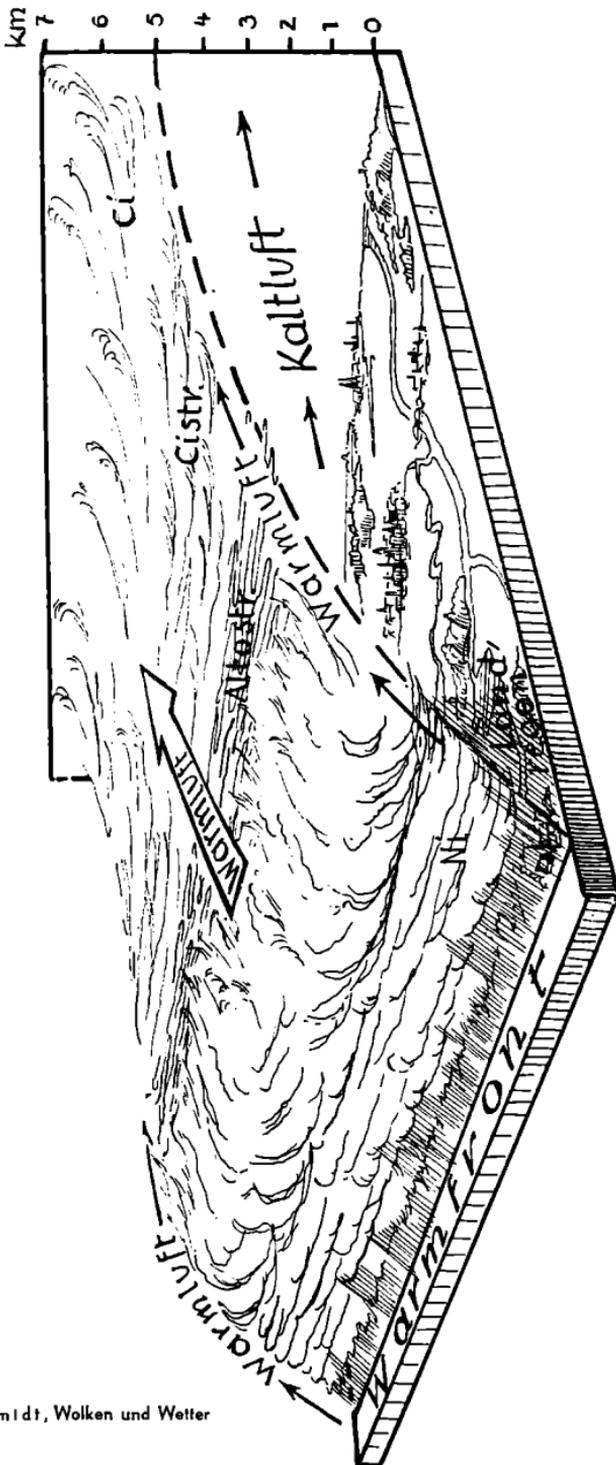
Auf einmal zeigen sich am Westhorizont einzelne Cirruswolken, ganz dünn, daß man sie kaum wahrnimmt. Nach

und nach werden es immer mehr. Sie haben die Form von gebogenen Häkchen oder Krallen (Cirrus uncinus) (Bild 18). Wir wissen, es rührt daher, daß aus den Wolken Fallstreifen in eine langsamere Strömung herabreichen. Die Wolken bewegen sich rascher als die Streifen, die daher immer mehr zurückhängen. Das Gewölk verdichtet sich zusehends, und bald erstreckt sich ein verflochtenes Faserwerk (Bild 19), geradezu als „Fasercirren“ (Cirrus filorus) bezeichnet, über den halben Himmel. Ein solcher Aufzug von hoher Bewölkung ist das erste Anzeichen von schlechtem Wetter. Der vorderste Rand der herannahenden „Aufgleitfläche“, der Warmfront, hat uns erreicht. Im Niveau der Eiswolken, also etwa in 6-9000 Metern Höhe, beginnt in der aufgleitenden Warmluft die Wolkenbildung. Es zeigen sich die berüchtigten „Wind- oder Wetterbäume“, Cirrus vertebratus (Bild 20). Grätenförmig breiten sie sich über den Himmel aus, ebenfalls Vorzeichen kommenden schlechten Wetters. Allmählich wird der Cirruschleier immer dichter. Die Einzelwolken verwachsen zu einer zusammenhängenden Schicht (Cirrostratus). Um Sonne und Mond sind farbige Ringe, die Halos, zu sehen. „Wenn ein Halo zu beobachten ist, regnet es innerhalb der nächsten 24 Stunden“, lautet eine Volkswetterregel. Auf eine nahende Warmfront angewendet, hat, wie wir sehen, diese Regel durchaus ihre Berechtigung. Und es wird des öfteren vorkommen, daß es bereits zum Regen kommt, ehe die Hälfte der genannten Zeit verstrichen ist, je nachdem, wie schnell die Störungen ziehen. Manchmal treiben aber auch Cirruswolkenfelder aus den randlichen Partien einer Störung über den Beobachter hinweg. Dann gewahrt er zwar einen Halo, aber der Regen bleibt aus, da die Bewölkung sich anschließend nicht weiter verdichtet, sondern eher wieder abnimmt. Darauf müssen wir also achtgeben!

Allmählich verschwimmt die Sonne mit zunehmender Verdichtung des Gewölks mehr und mehr im milchigen Grau.

Bald ist nur noch eine matte, rotgelbe Scheibe sichtbar, und schließlich verschwindet auch diese. Die Untergrenze der Bewölkung greift zusehends tiefer herab. Der dichte Eiswolken-schleier (Cirrostratus) geht nach und nach in eine mittel-hohe Schichtbewölkung (Altostratus) über. Die Warmfront ist bedeutend näher herangerückt (Bild 22). Halos können nicht mehr entstehen, denn jetzt wird der Himmel von Wasserwolken beherrscht.

Besonders eindrucksvoll wirkt dieses Stadium des „Aufzugs“, wenn die tiefstehende Sonne mit ihren Strahlen die Wolken anleuchtet. Dann erstrahlen sie zauberhaft in vielfältigstem Rot, und wir können beobachten, daß die Wolkendecke nicht einheitlich ist, sondern aus zahlreichen Lamellen besteht, die verschieden hoch liegen. „Morgenrot, schlecht Wetter droht!“ gilt im Volksmund ebenfalls als Schlechtwetterzeichen. Das wird uns nunmehr begreiflich. Es kündigt die kommende Warmfront an. Nicht ganz so einfach liegen die Verhältnisse beim „Abendrot“. Hier sind die Meinungen geteilt! Die einen sagen, auf Abendröte folge gutes, andere hingegen sehen in ihr ebenfalls ein Vorzeichen für schlechtes Wetter. Es kommt in der Tat beides vor. Steht Abendrot in Zusammenhang mit einer anrückenden Warmfront (Bild 22), so kann es sich ereignen, daß diese schon im Laufe der Nacht mit ihrem Regengebiet am betreffenden Orte durchzieht und der nächste Tag bereits im Zeichen der Wetterbesserung auf der Rückseite der Störung steht. Zieht sie dagegen langsamer oder wird etwa in den Bergen durch die Eigenart des Geländes länger zurückgehalten, so ist auch der folgende Tag noch regnerisch. Auf der anderen Seite kommt Abendrot auch in Verbindung mit sich auflösenden Fronten (Bild 17) vor; alsdann nimmt die Bewölkung im Laufe der Nacht noch weiterhin ab, und am folgenden Morgen ist strahlendes Wetter. Man muß also das Abendrot immer im Zusammenhang mit dem Ablauf des Wetters im ganzen sehen. Dann wird man selten zu Fehlschlüssen kommen.



8 Schmidt, Wolken und Wetter

Inzwischen sind die Wolken dichter und dunkler geworden und scheinen noch weiter heruntergekommen zu sein. Wenn ihre Untergrenze bis auf etwa 3000 Meter abgesunken ist, beginnt es in der Höhe zu regnen. Dieser sehr feintropfige Niederschlag gelangt aber nicht bis zur Erde. Er verdunstet vollständig beim Herabfallen in der unter der Wolke befindlichen, noch nicht mit Wasserdampf gesättigten Luft. Ein Flieger würde in jenen Höhen einen leichten Nieselregen wahrnehmen. Die tieferen Luftschichten werden aber auf diese Weise mehr und mehr „durchfeuchtet“. Schließlich bilden sich auch hier Wolken und geben im weiteren Verlauf ihrerseits Niederschlag nach unten hin ab. Die anfangs feinen Tröpfchen fließen zu immer größeren zusammen und fallen dann rascher nach unten. Die Wolke wird immer mächtiger, schwärzer und strukturloser in ihrem Aussehen (Bild 23).

In der Niederung ist noch kein Regen zu verspüren. Die Lufttemperatur ist dieselbe geblieben. Es ist kühl. Im Winter ist bei solcher Wetterlage die Landschaft in einen naßkalten, grauen Nebeldunst gehüllt, der sich nicht auflöst, wenn der Regen zu fallen beginnt. Der Wind ist frisch und leicht böig. Endlich hat sich die Regenwolke bis in die tieferen Schichten, herab bis 1-2000 Meter etwa, ausgedehnt. Nun erreichen die aus ihr herausfallenden Tropfen den Erdboden. Erst ganz sacht setzt der Regen ein und wird dann immer stärker. „Es regnet sich ein“. Schließlich hat er sich zur vollen, gleichmäßigen Stärke eines Landregens entwickelt.

Solch einen typischen Regenwetterhimmel kennt jeder! Aber hat er ihn wirklich einmal genau betrachtet? (Bild 25 und 26). Wir schauen für gewöhnlich auf die Unterseite der Regen- oder Nimbostratuswolke. Aus ihrer dunklen Färbung mag man ermessen, wie mächtig sie sein mag. Freilich reicht sie an die gewaltigen Höhen der Gewitterwolken nicht heran. Die Unterseite der Wolke erweist sich bei näherem Hinsehen als nicht völlig ungegliedert und struk-

turlos. Zuweilen hängen Fallstreifen herab (Bild 25) wie die Fransen einer Tischdecke, dann wieder ist die Unterseite mit sackartigen Ausstülpungen versehen, die uns deutlich zu erkennen geben, daß die Wolke ihre schwere Bürde an Wassertropfen nicht mehr recht zu halten vermag.

Meist ziehen unter der geschlossenen Wolkendecke etwas geschwinder als diese kleine, zerrissene Fetzen dahin. Im Volksmund werden sie gewöhnlich als Regenwolken bezeichnet. Dieser Name ist aber, genau genommen, nicht zutreffend. Denn wir müssen feststellen, daß diese Wolken vor Ausbruch des Regens noch gar nicht vorhanden sind, sondern sich erst während desselben bilden. Im Gebirge läßt sich dieser Vorgang besser verfolgen als im Flachland. Dort sind vor Beginn des Regens die fernen Berge zwar grau verschleiert, aber immer sichtbar. Setzt jedoch der Regen ein, so hüllen sich alle Kuppen in tiefe Wolkenfetzen, und die Bergwände und Felsen scheinen zu rauchen im Stau des gegen sie anbrandenden Gewölks. Erst muß also der Regen bis in die tieferen Schichten gelangen und diese genügend durchfeuchten, ehe sich die Wolkenfetzen hier bilden können. Sie sind andererseits selbst meist keine Regenbringer.

So ein Regen kann oft viele Stunden andauern. Und im Gebirge gar zieht er sich, durch örtliche Stauwirkungen verstärkt, oft über Tage hin.

Schließlich aber hört er mehr oder minder rasch, zumeist recht unvermittelt, auf. Schauen wir wieder auf unser Barometer, so ist der Druckfall zum Stillstand gekommen. Von einem erneuten Anstieg kann freilich vorerst noch keine Rede sein. Die Warmfront ist an unserem Ort durchgegangen. Das werden wir meist auch an einem deutlich spürbaren Temperaturanstieg gewahr. Während der Wintermonate ist dies besonders eindringlich, wenn plötzlich angenehm lauwarme „Frühlingsluft“ einherbraust. „Der Tauwind weht“. Die Schneedecke schmilzt im Nu zusammen, und kalte Nebel schwinden augenblicklich. Wir befinden uns nun im Bereich

des Warmsektors der Zyklone; die warme subtropische Luft hat ihre Herrschaft angetreten.

Eine durchgreifende Aufheiterung tritt meist noch nicht ein, doch lockert die Bewölkung in gewissem Grade auf. Das Foto (Bild 17), das eine in den Abendstunden sich auflösende Schichtwolkendecke darstellt, ist nach dem Durchzug einer Warmfront aufgenommen worden. Durch die entstehenden Wolkenlücken nimmt man meist auch wahr, daß es sich um eine mehrschichtige Bewölkung handelt. Wir wollen uns ferner gut merken, daß das Niederschlagsgebiet jeweils vor der Warmfront liegt. Ist sie am Beobachtungsort vorübergezogen, so hören Regen- oder Schneefall auf.

Im Warmsektor selbst gibt es gelegentlich auch Regenfälle, jedoch keine Landregen. Es gleiten keine Luftmassen in weiten Räumen auf wie vor der Warmfront. Dafür kommt es hier, wenn die Luft einen hohen Gehalt an Feuchtigkeit besitzt, zuweilen zu plötzlichen Umlagerungen, bei denen getürmte Cumuluswolken und unter Umständen Regenschauer auftreten.

Das wären kurz die Erscheinungen, die auf der Vorderseite einer Zyklone auftreten und die man bei deren Vorüberzug nacheinander beobachten kann. Wir verfolgen nun die Entwicklung weiter und wenden uns der Rückseite des Tiefdruckgebiets zu.

VON KALTFRONT UND REGENSCHAUERN

Es gibt sehr oft Wetterlagen, die sich durch außerordentlich große Veränderlichkeit auszeichnen. „Zunehmend unbeständig, wechselnd bewölkt, vielfach Schauer!“ meldet der Wetterbericht. Das Bild des Wolkenhimmels ist beständig anders. Vor allem der Grad der Bedeckung wechselt unablässig in rascher Folge. In der Art der Wolken hingegen zeigen sich gewisse bleibende Züge.

Jeder kennt solches Wetter. Denken wir nur an das „Aprilwetter“, das diesem Wassertyp zuzurechnen ist. „Der April macht's, wie er will“. Eine größere „Unbeständigkeit“ kann man sich kaum vorstellen! Eben noch regnet oder schneit es aus dicken Wolken. In der nächsten Stunde lacht bereits wieder die Sonne. Und das in buntem Wechsel oft tagelang! Auch hat praktisch jeder Ort sein „eigenes Wetter“, und der Meteorologe hat es wirklich schwer, allen gerecht zu werden. Daher müssen notgedrungen an solchen Tagen die Vorhersagen etwas allgemeiner gehalten sein. Es ist unmöglich, genau angeben zu wollen, wann es im Laufe des Tages an den verschiedenen Orten zur Auslösung von Regenschauern kommen wird.

Derartige Unbeständigkeit im Wettergeschehen ist immer an die Zufuhr von Kaltluft gebunden. Es gibt dann keine flach geneigten Gleitflächen in der Atmosphäre mit weiträumigen Schichtwolkenfeldern, wie wir sie im vorigen Abschnitt kennen lernten. Kaltluft hat ihre Eigenart. Wenn sie über wärmeren Untergrund strömt, wird sie von unten her allmählich angewärmt. Es bildet sich also über dem Boden eine wärmere Schicht. Damit wird aber der vertikale Aufbau dieser Luftmasse *l a b i l* und neigt zu Umlagerungen. Vertikale Bewegungen kleineren Ausmaßes sind in einer Kaltluft

eigentlich stets anzutreffen. Sie ist daher sehr böig. Die Luftbewegung ist nicht gleichmäßig, sondern der Wind weht oft stoßweise, springt auch unregelmäßig in der Richtung. Wir bezeichnen diese Eigenschaft der Kaltluft als *Turbulenz*. Ist genügend Feuchtigkeit vorhanden, kommt es auch zur Wolkenbildung. Und zwar entstehen fast ausschließlich Haufenwolken. Sie sind nicht so regelmäßig gestaltet wie die durch Bodenthermik entstehenden Cumuli an einem Schönwettertag. Vielmehr sehen sie meist stark zerzaust und verwirbelt aus. An ihnen kann man die turbulente Bewegung der Luft geradezu ablesen.

Doch verfolgen wir den Vorüberzug einer Zyklone von einem festen Beobachtungsort aus weiter! Ihre Rückseite stellt das Herrschaftsgebiet der Kaltluft dar. Zunächst befinden wir uns noch im Bereich des Warmsektors. Er ist selten allzu breit, denn die Zyklonen haben, wenn sie zu uns kommen, meist bereits den Höhepunkt ihrer Entwicklung überschritten. Der Luftdruck zeigt wenig Änderung, die Temperatur bleibt annähernd gleich. Lockere Wolkenfelder, die die uns wohlbekannte Wogenstruktur zeigen, ziehen über den Himmel. Allenthalben gewahrt man blaue Lücken. Zuweilen geht die Auflösung der Bewölkung so weit, daß nur einzelne linsenförmige Überbleibsel der Schichtwolkendecke, bisweilen darüber auch noch Reste des mittelhohen und hohen Gewölks sich feststellen lassen.

Auf das Herannahen einer Kaltfront werden wir jedoch nicht so schrittweise vorbereitet, wie es in eindringlicher Weise bei einer Warmfront der Fall zu sein pflegt. Sie ist plötzlich da und geht am Beobachtungsort meist mit einer kräftigen Böe durch. Dabei dreht sich der Wind von der westlichen oder südwestlichen auf die nordwestliche Richtung. Gleichzeitig sinkt die Temperatur um 5 bis 8 Grad, und der Luftdruck fängt an zu steigen.

Immerhin kann der aufmerksame Betrachter des Wolkenhimmels ihr Näherrücken doch etwas auch im Wolkenbild

erkennen. Wir wissen, daß die Luftströmung in der Höhe in der Regel etwas schneller als die am Boden ist. Die in der Höhe einströmende Kaltluft bedingt hier eine Labilisierung. Die Folge davon ist, daß die Wolken plötzlich Quellformen zeigen. Auch diese sind also nicht durch das Aufsteigen vom Untergrund her erwärmter Luft verursacht, sondern durch turbulente Vertikalbewegungen in der Höhe. Man bezeichnet daher auch die Quellwolken an der Kaltfront geradezu als „Turbulenzkumuli“.

Je nach der Stärke des Luftmassenunterschiedes vor und hinter der Front und der zu beiden Seiten derselben entwickelten Strömungen, ist die Kaltfront verschieden ausgeprägt, verschieden „wetterwirksam“, wie man sagt. Oft schiebt sie an ihrer Vorderseite mit stürmischen Winden eine Böenwalze vor sich her. Diese gleicht ganz derjenigen, die wir beim Wärmegewitter kennengelernt haben. Auch in ihr kommt es häufig zu elektrischen Entladungen. Besonders im Winter und des Nachts sind Kaltfronten des öfteren als Gewitter ausgeprägt. Hoch türmen sich Cumulonimbuswolken mit ihren in der Eiswolkenregion ausstrahlenden Amboßbildungen. Der Vorgang der Vergraupelung und Hagelbildung, sowie das immer stärkere Anwachsen der Tropfen in den unteren Regionen der Wolke sind uns geläufig. Kräftige Schauer ergießen sich schließlich aus diesen Wolken herab. Bezeichnend aber ist, daß diesmal die Niederschläge erst einsetzen, nachdem die Front vorübergezogen ist. Sie liegen also hier im Gegensatz zur Warmfront erst hinter der Front.

Die Rückseite der Zyklone bringt die Schauer. Man spricht geradezu von Rückseitenwetter und meint damit jenes unbeständige, böige und kalte Wetter, das durch mehr oder minder zahlreiche Regenschauer gekennzeichnet ist.

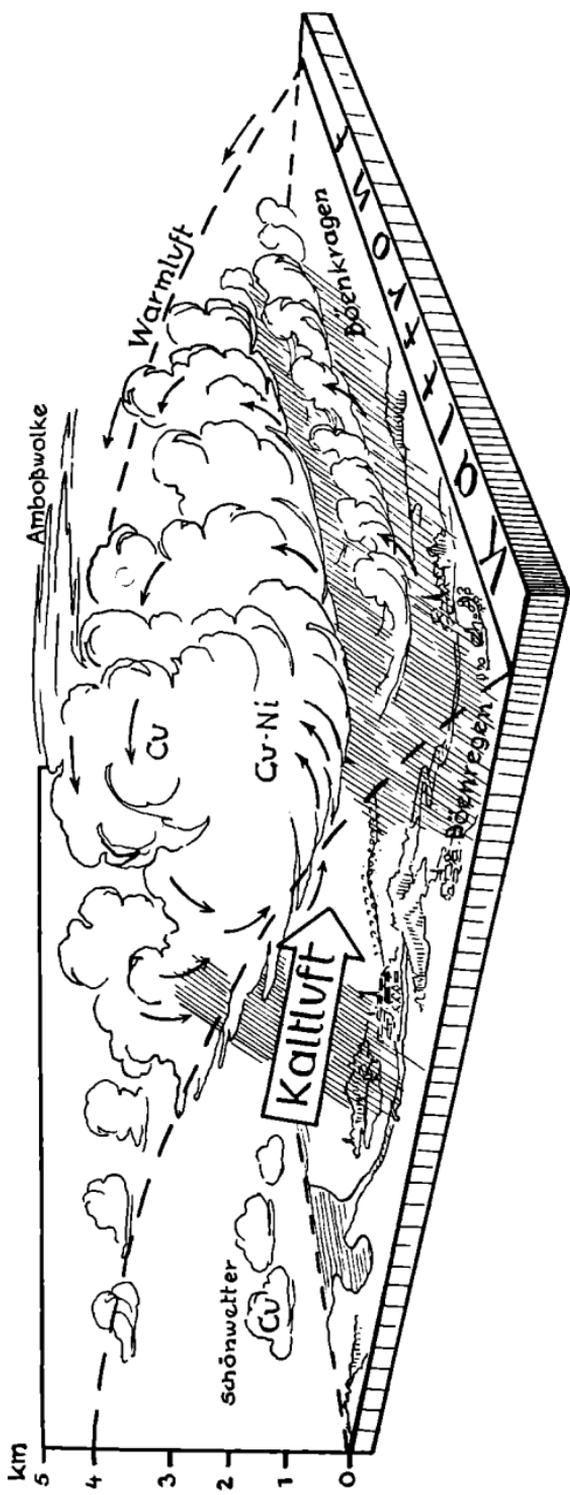
Ist die Hauptkaltfront durchgezogen, so erlischt die Schauer-tätigkeit meist nicht sofort. In der frisch eingeflossenen Kaltluft liegen meist ganze Staffeln von Schauern, die von der Strömung mitgeführt werden. In der Regel belebt sich im Laufe

des Tages die Schauertätigkeit und klingt dann in den Abendstunden wieder ab. Trotzdem sind bei solchen Wetterlagen die Nächte keineswegs niederschlagsfrei, aber am Nachmittag gehen die meisten Schauer nieder. Dann sieht man oftmals gleich eine ganze Anzahl von ihnen gleichzeitig im Blickfeld stehen (Bild 30).

Schwere, weithin sichtbare Regenstreifen reichen aus den Wolken zur Erde. Verhältnismäßig rasch wechseln die Schauer ihren Standort, denn von einem frischen Winde, der gleichzeitig meist recht böig ist, werden sie dahingetrieben. Dabei sei auf folgende naheliegende Täuschung hingewiesen, der wir bei der Betrachtung gern unterliegen: Ihr werdet nach der Windrichtung gefragt, und ihr wollt diese nun aus der Neigung der Regenstreifen bestimmen. Ich bin sicher, die meisten werden sagen, der Wind wehe in der Richtung, in der die Streifen abgetrieben werden. Die Antwort wäre falsch. Der Mensch neigt zu Fehlschlüssen, wenn er von einem ihm geläufigen Vorgang auf einen andern schließt, den er mit diesem als gleichartig erachtet.

Wenn uns der Wind Regen ins Gesicht peitscht, so liegt dieser ebenfalls schräg mit dem Winde. Daran denken wir wohl zunächst. Doch diese Überlegung ist hier nicht am Platze! Es ist hier vielmehr so wie bei den aus dem Cirrusniveau herabhängenden Fallstreifen der Häkchencirren. Die Stelle, an welcher der Regen die Wolke verläßt, eilt gewöhnlich derjenigen, an der er die Erde berührt, voraus, da in der Höhe die größere Windstärke herrscht. Es scheint daher dem Fernerstehenden der Regen gerade aus der entgegengesetzten Richtung zu kommen.

Auch die Frühjahrs- und Herbststürme sind meist mit Einbrüchen von Kaltluft verbunden. Wenn beispielsweise im späten Sommer in den noch stark erwärmten Kontinent von Nordwest her eine Kaltfront einbricht, kommt es selbst im Binnenland oft zu erheblichen Windstärken. Dann peitschen



die Böen über die Spiegel der Binnenseen, daß die Wogen aufschäumen und die verspäteten Segel knatternd gegen die Masten schlagen. In wilden Stößen fährt das Wetter vor den anrückenden Regenschleiern der Böenwalze in die Schilfbestände an den Ufern. Tief beugen sie sich zum Wasser, und man fürchtet, sie könnten brechen; aber elastisch schnellen sie empor, um nach der Gegenseite auszuholen. Selbst die hohen Stämme der Kiefern neigen sich ächzend. Krachend bricht morsches Gezweig herab und gar manche Krone, die dem elementaren Anprall nicht gewachsen war. Graues, chaotisch anmutendes Gewölk jagt über den Himmel (Bild 31). Schwere Fetzen hängen tief herab. Durch hellere Lücken hindurch schauen wir in höhere Wolkenstockwerke. Wir erkennen, die Bewölkung ist in mehreren Schichten angeordnet. Doch der Charakter ist in allen der gleiche: zerrissene und verwirbelte Formen, die auf turbulente Luftbewegung in allen Höhen hindeuten! Dann rauschen die Schauer hernieder. Der Wind behält seine volle Stärke bei und bläst in heftigen Böen. Im klatschenden Regen und Heulen des Windes versteht man nicht sein eigenes Wort. Und wenn der Schauer vorübergezogen ist, bleibt der Himmel unendlich lebendig. In raschem Zuge fliegen die in einzelne Schollen zerrissenen Wolken vorüber (Bild 32). Graue Töne herrschen vor. Doch ist es nicht so monoton wie im Bereich der Warmfront. Gleichsam verstreutes Silber lockert das strenge Dunkel und nimmt dem Ganzen die geschlossene Schwere.

Kaltluft braucht aber nicht nur „schlechtes Wetter“ zu bringen. Kühle Meeresluft vom Atlantik, die bis zu uns ins Binnenland ihre charakteristischen Eigenschaften bewahrt, wird zu allen Jahreszeiten, besonders aber im Sommer, als angenehm empfunden. Mit einem frischen, leicht böigen Wind kommt klare, erfrischende Luft zu uns. Aber nicht nur die wohltuende Kühle und der frische Wind sind es, die uns neu beleben und unsere Leistungen beflügeln. Die Reinheit

der Luft öffnet dem Blick die Weite und bedingt satte, lebhafte Farben.

Es kommt gleichsam eine neue Dimension in die Landschaft. Alles erscheint näher gerückt in der klaren Luft, und wir verspüren eine Weite, die wir zuvor nicht bemerkten. Denn auch der Himmel ist jetzt weiter geworden! Die in tiefer Staffelung dahinziehenden Quellwolken bewirken ein Ähnliches, wie es in der Landschaft die bis weit in die Ferne in verschiedenem Blau gestuften Kulissen von Bergketten hervorrufen. Sie bringen mit einem Mal Tiefe in das Bild. Es steigt die Ahnung von unendlichen Fernen in uns empor, die sich hinter den sich weithindehenden Horizonten unserem Blick verbergen.

Und die grauschwarzen Wolkenschatten, die in rascher Folge über die Ebene dahinhuschen und das Land mit eigenartigen, beständig wechselnden Mustern zeichnen, verstärken die mitreißende Dynamik, die einer solchen Wetterlage innewohnt (Bild 32).

WETTERBESSERUNG IM WOLKENBILD

Wenn nach mehreren sonnenlosen Tagen, an denen von früh bis spät eine einheitlich graue, wenig gegliederte Wolken-
decke den ganzen Himmelsraum überzog, endlich wieder ein paar blaue Löcher im Gewölk sich zeigen, glaubt man, daß nun der sehnlich erwartete Zeitpunkt gekommen sei, von dem an sich das Wetter wieder zum Besseren wende. Verringerung der Bewölkung und Wetterbesserung pflegen ja gewöhnlich einander parallel zu gehen.

Es kommt dabei zu abwärts gerichteter Bewegung innerhalb der Luftmasse. Dadurch gerät die absinkende Wolkenluft in das Stadium der Untersättigung. Die Wolke verdampft in die trockenere Umgebung. Man kann also in entsprechender Weise, wie wir die Vorgänge an der Warmfront als Aufgleiten bezeichnen, hier von einem Abgleiten der Luft sprechen.

Freilich deutet keineswegs jede Bewölkungsabnahme bereits unbedingt auf Wetterbesserung hin. Vergegenwärtigen wir uns noch einmal kurz die verschiedenen Formen der Wolkenauflösung, die wir kennengelernt haben!

Da ist die abendliche Auflösung der Haufenwolken an einem normalen Schönwettertag. Ganz allmählich verflachen die Quellungen und sinken in sich zusammen. Das vollzieht sich in dem Maße, wie die Tageserwärmung nachläßt und, wie wir sehen, die Turbulenz in der Höhe zunimmt. Doch ist dieser Vorgang nicht eigentlich ein Zeichen der Wetterbesserung, sondern läßt uns lediglich erkennen, daß sich das schöne Wetter weiterhin zu halten verspricht.

Wir lernten ferner die Auflösung der Bewölkung auf der Lee-seite eines Gebirges kennen. Die Luft gleitet über einen Gebirgrücken ab, und es entsteht auf der dem Winde abge-

wandten Seite ein mehr oder minder breiter wolkenfreier Streifen (Bild 15), der unverrückbar an derselben Stelle zu bleiben pflegt. Es ist die „Föhnlucke“. Auch sie kann nicht als Vorbote großräumiger Wetterbesserung angesehen werden, da sie in ihrem Einfluß immer örtlich ziemlich eng begrenzt ist.

Wenn sich nach einem sommerlichen Wärmegewitter am späten Nachmittag die Bewölkung auflöst (Bild 13), so stellt das meist wenigstens für den betreffenden Tag eine Wetterberuhigung in Aussicht. Doch auch hier kommt es sehr auf die Gesamtwetterlage an. Warmfrontdurchgänge bringen meist nur vorübergehende Wetterbesserung von kurzer Dauer. Bisweilen löst sich die Bewölkung überhaupt nicht auf. Meist aber ist sie nach dem Passieren der Front, wenn der Regen aufgehört hat, doch stärker aufgebrochen (Bild 17). In einzelnen zu einander parallelen Lamellen hängen die Schichtwolken tief gestaffelt herab und lassen erkennen, daß sich infolge einer in der Höhe vorhandenen, in Wellen verlaufenden Strömung in der ursprünglich geschlossenen Wolkendecke Furchen bilden, die sich mit der Zeit immer mehr verbreitern. Sind die Wolken in mehreren Stockwerken angeordnet, so kann man den Vorgang auch in den darüberliegenden Schichten wahrnehmen.

Wenn sich nach dem Vorüberzug von Regenschauern die Wolken auflösen, sehr oft bis zu völliger Aufheiterung, so darf man doch nicht zu voreiligem Optimismus neigen! Ebenso rasch folgt dann häufig eine erneute Eintrübung, in deren Gefolge weitere Regenschauer heranziehen. Auch darf man sich an solchen Tagen nicht durch herrliche, farbenprächtige Sonnenuntergänge verleiten lassen (Bild 29), auf völlige Wetterberuhigung zu schließen. Diese tritt so lange nicht ein, wie die Bewölkung noch sehr zerfetzte Formen zeigt, die auf starke Turbulenz in der Höhe hindeuten. Bilden sich um die Sonne deutliche Strahlenbündel auf den Wolken und in der Luft ab, so ist das ein sicheres Zeichen für einen hohen

Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Alsdann werden mit großer Wahrscheinlichkeit im Laufe der Nacht noch weitere Regenschauer folgen.

Nicht jede Auflösung der Bewölkung verheißt also eine Wetterbesserung. Das wollen wir uns gut merken! Auch die bei „schlechtem Wetter“ vorkommenden Wolken können recht verschiedenartig aussehen. Wir haben bisher nur von Warm- und Kaltfronten und ihren Wolkentypen gesprochen. Das sind die beiden äußersten Fälle in Bezug auf die Ausprägung der Bewölkung. Die Wirklichkeit ist meist viel komplizierter und keineswegs immer klar und eindeutig einem der beiden Fälle zuzuordnen. In erster Linie liegt das wohl daran, daß wir im Binnenlande die Zyklonen bereits in einem vorgerückten Stadium ihrer Entwicklung erleben. Dann gibt es keine „frischen“ Warm- oder Kaltfronten mehr. Sehr häufig ist der Warmsektor, der zwischen beiden liegt, nicht mehr vorhanden, da die raschere Kaltfront die Warmfront bereits eingeholt hat. Die neue Art der Front, die auf diese Weise entsteht, wird als Okklusion bezeichnet. Das bedeutet wörtlich „Abhebung oder Abschnürung“, weil im Sinne des Bjerknesschen Zyklonenmodells angenommen wurde, daß durch die nachdrängende Kaltluft die im warmen Sektor befindliche Luft vom Boden „abgehoben“ werde. Wir wissen heute, daß dieser Vorgang in Wirklichkeit in der Regel anders verläuft. Denn Warmluft wurde in der Höhe über der Kaltluft meist nicht angetroffen. Statt dessen fand sich Kaltluft vor, die die Zyklone bis in große Höhen hin anfüllte und sie gleichsam „zuschüttete“. Für das Vorhandensein von Kaltluft sprechen auch die in der Höhe vorhandenen Wolkentypen. Wir erinnern uns, daß vor der Kaltfront in der Höhe stets eine „Labilisierung“ erfolgt, da die Luftzufuhr hier rascher vonstatten geht als in den Bodenschichten.

Okklusionen vereinen in sich zumeist sowohl Warm- wie auch Kaltfrontmerkmale. Und das eine ist im Einzelfalle

wirksamer als das andere, je nachdem, welche der Luftmassen gerade das Übergewicht erlangt hat. Daher gleicht auch der Niederschlag bald mehr dem Landregen, bald neigt er mehr dem Schauertypus zu. Nicht ganz einfach ist demzufolge auch die Zuordnung der Bewölkung.

Vor allem aber ist es nicht immer leicht, wenn man Wolken aufziehen sieht, hinreichend sicher abzuschätzen, ob es zum Regen kommen wird, geschweige denn mit welcher Intensität der betreffende Niederschlag sich ergießen werde. Das eine Mal hängt der Himmel voll von schwarzem und regenschwerem Gewölk, und man wartet darauf, daß der Regen jede Sekunde losbreche. Zudem ist der Wind nicht allzu stark. Trotzdem kommt es nicht zum Regen, während ein anderes Mal bei längst nicht so drohend scheinender Lage uns ein mächtiger, nachhaltiger Guß von oben überrascht. Wir müssen zugeben, daß wir uns hier noch auf unbekanntem Gebiet bewegen und daß es da noch allerlei Probleme gibt, die vorläufig noch nicht entschleiert sind. Man wird geradezu an gewisse Vorgänge aus der Chemie erinnert, die im Beisein eines bestimmten Elements, das als Erreger, als Katalysator, wirkt, viel rascher ablaufen. Eine kolloidale Lösung kann bisweilen jahrelang bestehen, ohne daß sie sich irgendwie verändert, und bringen wir dann nur die Spur des betreffenden Katalysators hinzu, so erfolgt augenblicklich eine stoffliche Umwandlung. Möglicherweise ist unsere Atmosphäre zu gewissen Zeiten in einem ähnlichen Zustand. Wir wissen vorläufig nur noch nicht, welches der Katalysator ist, der den Anstoß zur Auslösung des Niederschlags gibt. Beherrschen wir erst diese Kenntnis, dann wird es uns möglich sein, in nutzbringender Weise die klimatischen Bedingungen von ganzen Landschaften innerhalb bestimmter Grenzen zu verändern.

Okklusionsfronten verlieren bei ihrer weiteren Wanderung immer mehr an Energie und lösen sich nach und nach auf. Wenn auch keine Niederschläge mehr aus ihnen fallen, blei-

ben doch noch lange Zeit ausgedehnte Wolkenfelder zurück. Den Aufzug einer solchen schwachen, in Auflösung befindlichen Störungslinie (Bild 28) können wir bei uns recht häufig beobachten. Sie besteht vorwiegend aus Stratocumuluswolken, die allerlei Furchungen und Rinnen erkennen lassen. Schon aus der Färbung der Wolken kann man auf ihre geringe „Gefährlichkeit“ schließen. Meist beginnen sie im Laufe des Tages an ihrer Oberseite zu quellen. Darüber sind jedoch auch in höheren Schichten noch Wolken vorhanden, die darauf hindeuten, daß ursprünglich die Luftmassen bis hinauf in die Eiswolkenregion in aufgleitender Bewegung begriffen waren. Die Eiswolken selbst sind durch Fasercirren vertreten, die in der Windrichtung angeordnet sind.

Gelegentlich kann man mit erleben, wie sich eine Wolkendecke, die sich kaum wesentlich verlagert, nach und nach an Ort und Stelle auflöst, bis schließlich jede Spur verschwunden ist (Bild 24). Es bilden sich zunächst zwei oder mehrere sich kreuzende Systeme von Rinnen, die auf Strömungen, wie wir sie bereits des öfteren kennengelernt haben, zurückzuführen sind. Im Auf und Ab derselben wird die Wolkenbank in einzelne Schollen zerlegt. Da, wo streckenweise Abwinde am Werk sind, werden die Wolken streifenweise aufgelöst, während sie sie im Aufwind wiederum verstärken. Allmählich verbreitern sich die wolkenfreien Zwischenräume immer mehr; gleichzeitig schrumpfen die Schollen mehr und mehr zusammen. Es verdampft also beständig Wolkenluft. Betrachten wir die Ränder der einzelnen Wolkenballen genauer, so scheinen sie watteartig zerzaust, als ob sie in Rauchschwaden ausmündeten. So wird das Wolkenfeld innerhalb kurzer Zeit kleiner und kleiner, und schließlich deuten nur noch einige kümmerliche Überbleibsel auf die frühere Ausdehnung hin.

Der eben beschriebene Vorgang kann sich ebenso gut im Eiswolkenniveau abspielen (Bild 21) und führt dann zum



25 Durchhängende Schlechtwetterwolken einer Warmfront

26 Zerrissene, tiefe Schlechtwetterwolken (Elbsandsteingebirge)





27 Stabile Altostratusdecke
am winterlichen Himmel

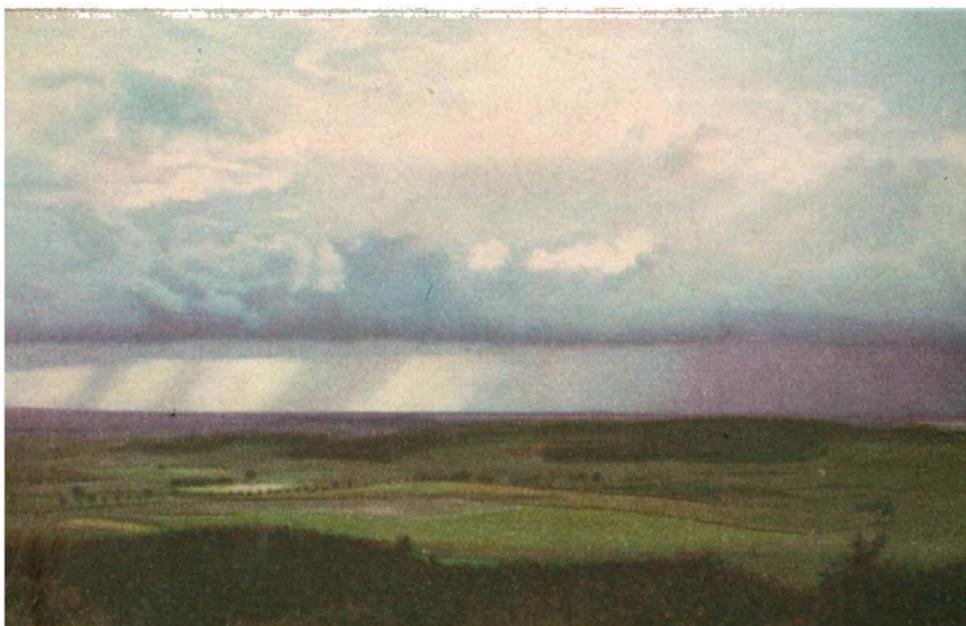


28 Schwache,
sich auflösende Störungs-
linie (Okklusion)



29 Abendstimmung mit Kaltluftbewölkung

30 Schauertätigkeit (Rügen)





31 Chaotische Bewölkung beim Durchzug einer Kaltfront

32 „Rückseitenwetter“



Entstehen der verhältnismäßig selten zu beobachtenden Cirro-cumulusbänke, die auch „hohe Schäfchenwolken“ genannt werden. Wie hauchzarter Schaum stehen sie am Himmel und kennzeichnen gutes Wetter.

Wer einen geschulten Blick für die Bildung und Auflösung von Wolken hat und die verschiedenen Möglichkeiten für die Weiterentwicklung des Wetters kennt, vermag „für den Hausgebrauch“ recht ordentliche Prognosen abzugeben. Er wird aber ganz entschieden dem vielen Unfug entgegentreten, den Urteilslose als „Wettervorhersage“ hinnehmen.

Da steht an erster Stelle der vielgenannte, doch nur selten noch gesehene „Hundertjährige Kalender“. Ihr habt sicher auch noch Onkels und Tanten, die auf seine „hundertprozentigen“ Vorhersagen schwören. Was hat es mit diesem mysteriösen Werk für eine Bewandnis? Um die Mitte des 17. Jahrhunderts ist es entstanden. Mauritius Knauer, der Abt eines Klosters bei Kulmbach in Oberfranken, hatte sieben Jahre hindurch regelmäßig Wetteraufzeichnungen in seiner Gegend durchgeführt, um für die zu seinem Kloster gehörigen Vorwerke Hinweise für den Verlauf der Witterung und den rechten Einsatz der Feldarbeiten zu geben. Es handelte sich also gar nicht um Vorhersagen des Wetters für bestimmte Tage, sondern um bloße Beobachtungen. Er nahm freilich an, daß die Planeten bestimmenden Einfluß auf das Wetter hätten und daß nach sieben Jahren sich dasselbe in ähnlicher Weise wiederhole. Jedoch war die Schrift lediglich für das Frankenland bestimmt, wie aus der Vorrede klar hervorgeht. Er konnte nicht ahnen, was für Mißbrauch mit seinem Werk in späterer Zeit getrieben werden und was für Unheil und Verwirrung es nachmals anrichten würde!

Im Jahre 1701 gelangten die Aufzeichnungen Knauers in die Hände des Erfurter Arztes Christoph Hellwig, der darin eine treffliche Möglichkeit sah, Geld zu verdienen. Die ursprünglichen Wetterbeobachtungen wurden jetzt zu regelrechten Vorhersagen umgeformt und der Zeitraum beträchtlich er-

weiterr. So entstand der berüchtigte „Hundertjährige Kalender“, der zunächst die Zeit von 1701 bis 1801 umfaßte. Man glaubte, daß sich das Wetter in hundertjährigem Rhythmus wiederhole. Das ist aber völlig unbegründet, wie wir heute wissen. Es gibt wenig Bücher, die so hohe Auflagen erlebten, wie gerade dieses, wiewohl seine Vorhersagen keiner ernsthaften Nachprüfung standzuhalten vermochten. Fast ebenso fest im Volke verwurzelt ist heute noch die Vorstellung, daß der Mond auf das Wetter einen entscheidenden Einfluß habe. Man könne daher auf Grund der Mondphasen die Tage bestimmen, an denen sich das Wetter ändert. „Mondwechsel — Wetterwechsel“ oder „Zunehmender Mond — zunehmende Kälte“ sind derartige Regeln, die man immer wieder zu hören bekommt. Wie steht es nun damit? Gibt es einen Zusammenhang zwischen Mond und Wetter oder nicht? Man sollte es eigentlich annehmen, da der Mond ja auch entscheidenden Einfluß auf die Wassermassen unserer Erde ausübt und beständig Flutberge um die Erde kreisen läßt. In gleicher Weise könnte es ja auch Gezeiten in der Atmosphäre geben. Da wir beim Ablauf des Wetters auch steigenden und fallenden Luftdruck in gesetzmäßigem Wechsel beobachten, liegt es nahe, hier Zusammenhänge zu vermuten. Die Wissenschaft hat sich dieser Fragen angenommen. Es lassen sich tatsächlich auch in der Lufthülle Gezeiten, die auf die Anziehung des Mondes zurückzuführen sind, nachweisen. Doch beträgt die dabei auftretende Änderung des Luftdrucks nur wenig mehr als ein hundertstel Millibar! Die Druckunterschiede, die wir beim Vorüberzug eines wandernden Tiefdruckgebietes an unseren Barometern ablesen, belaufen sich hingegen in der Regel auf 10 bis 30 Millibar. Sie sind also wesentlich größer. Die Mondwirkung kann hierbei also praktisch nichts ausrichten. Nun ändert sich in unseren Breiten das Wetter verhältnismäßig oft, etwa aller 3 bis 4 Tage. Die Wetteränderung trifft daher recht häufig mit der Mondphase zusammen, und die

Regel scheint zu stimmen! Leider wird dabei aber übersehen, daß noch wesentlich öfter eine Wetteränderung eintritt, wenn gerade kein Mondwechsel ist. Doch es ist meist zwecklos, erklärte „Mondanhänger“ bekehren zu wollen! Wer eine Zeitlang mit Sorgfalt diese Zusammenhänge verfolgt und jedes Mal im Kalender anstreicht, ob es gestimmt oder nicht gestimmt hat, wird bald von der Haltlosigkeit der Mondwetterregeln überzeugt sein.

Noch wesentlich geringer muß demzufolge der Einfluß der Planeten auf unser Wetter sein, falls ein solcher vorhanden sein sollte. Bei kritischer Überprüfung läßt sich in der Tat nichts Derartiges nachweisen.

Etwas anderes ist es mit der Einwirkung der Sonnenflecken auf das Wetter. Wenn sich bis heute auch noch keine gesicherten Zusammenhänge mit der einzelnen Wetterlage finden ließen, sind doch gewisse Beziehungen zur Gesamtwitterung eines Jahres keineswegs von der Hand zu weisen. Der elfjährige Rhythmus der Flecken spiegelt sich auch im Wettergeschehen wieder. In gleichen Abständen folgen sich beispielsweise die strengen Winter oder aber die heißen, dünnen Sommer, während im dazwischenliegenden Zeitraum extrem feuchte und verregnete Sommer zu liegen pflegen. Es gibt also hier noch allerlei reizvolle Probleme, die der Lösung harren. Die Wetterkunde ist ja eine verhältnismäßig junge Wissenschaft, die noch in starker und stetiger Entwicklung begriffen ist.

DER WOLKENHIMMEL IM WECHSEL DER JAHRESZEITEN

Betrachten wir zum Schluß den Wandel des Wolkenbildes im Ablauf des Jahres, so vermögen wir darin Züge wahrzunehmen, die sich heute wie ehemals gleichbleiben. Wir können in gewissem Sinne den Wolkenhimmel ganz unsentimental als bleibende Gegenwart erleben, denn in allen seinen vielfältigen Wandlungen liegt etwas unbedingt Beständiges.

So anscheinend unübersichtlich und wechselvoll die Witterung unserer Breiten auf den ersten Blick anmuten mag, so lassen sich doch bei genauerem Zuschauen gewisse große Gesetzmäßigkeiten erkennen. Schon wenn wir bloß aus der Erinnerung zu schöpfen suchen, werden wir uns bestimmter Unterschiede des sommerlichen und winterlichen Himmels bewußt. Hochdruck- oder Tiefdruckwetter gibt es in allen Monaten, wenn auch nicht mit gleicher Häufigkeit. Und doch treten deutlich Unterschiede in der Zusammensetzung der Bewölkung hervor. Man hat mit Hilfe statistischer Untersuchungen, indem man die Menge der verschiedenen Wolkenarten bei gleichartigen Wetterlagen zahlenmäßig festgestellt und dann Mittelwerte errechnet hat, die Zusammenhänge exakter zu bestimmen gesucht. Doch gehen durch die Mittelbildung die feineren Züge meist verloren, so daß dann auch nur recht allgemein gehaltene Aussagen übrigbleiben.

Doch schon, wenn man die mittlere Bedeckung des Himmels in den einzelnen Monaten des Jahres überblickt, ergeben sich einige typische Besonderheiten. Das Jahresmittel der Bewölkung ergibt sich bei uns zu etwa 6 bis 7 Zehnteln der Gesamtbedeckung, das bedeutet, daß die wolkenreichen

Wetterlagen im Jahreslaufe gegenüber dem heiteren Wetter in der Überzahl sind. Im Dezember und Januar steigt die Bewölkung über den genannten Mittelwert wesentlich an. Das sind die wolkenreichsten Monate des Jahres. Die niedrigsten Werte der Bewölkung werden in der Zeit von Mai bis September erreicht; der September weist die geringste Bewölkung des ganzen Jahres auf. Das herbstliche Schönwetter, der „Altweibersommer“, stellt sich alljährlich mit großer Regelmäßigkeit ein. Besonders für Süddeutschland und das Alpengebiet ist es das idealste Wanderwetter. Die eigentlichen Sommermonate sind in dieser Hinsicht viel weniger zuverlässig. Sie bringen meist eine ganze Menge Regentage; auf den Juli fällt geradezu ein Nebengipfel der Wolkenhäufigkeit.

Untersucht man nicht nur die Menge, sondern auch die Art der in den einzelnen Monaten vorkommenden Wolken, so überwiegen in der kalten Jahreszeit bei weitem die Schichtwolken und Nebel, während in den Sommermonaten die Quellbewölkung naturgemäß sehr stark beteiligt ist. Besonders im Binnenland kommt diese Gegenläufigkeit im Vorkommen der Schicht- und Quellwolken recht deutlich zum Ausdruck. Die meisten Cumuluswolken kann man im Juli beobachten, die wenigsten im Dezember. Stratuswolken wiederum haben ihre größte Häufigkeit im Dezember und Januar, während die Monate des geringsten Vorkommens der Juni und Juli zu sein pflegen. Im Küstengebiet ist dieser Gegensatz nicht ganz so stark ausgeprägt. Hinsichtlich der hohen Wolken ist es schwer, einen Jahresgang festzustellen. Auch die höheren Lagen der Mittelgebirge zeigen bereits Abweichungen im Jahreslaufe. Hier ist die stärkste Bewölkung im Sommer anzutreffen. Besonders im Mai und Juni sind die Gipfel infolge von Konvektion häufig in Wolken gehüllt. Umgekehrt treten überraschenderweise im Januar die wenigsten Wolken auf. Dann ragen die Mittelgebirgsgipfel über die in den Tälern befindlichen Nebel und tiefen Schichtwolken

in die wolkenfreie Oberschicht hinein. Doch lassen wir es mit diesen quantitativen Angaben genug sein!

Unsere Witterung wird bestimmt durch die Wechselwirkung verschiedener Luftmassen und durch den Vorüberzug von Zyklonen. Auf diese Weise entstehen bestimmte Wittersituationen, die man als Großwetterlagen bezeichnet. Wenn man jahrelang aufmerksam den Ablauf des Wetters verfolgt, wird einem bald auffallen, daß mit ziemlicher Regelmäßigkeit um bestimmte Termine herum recht häufig gleiches Wetter herrscht. Selbst wenn es in einem Jahr dann einmal ganz anders ausfällt, würde das noch nichts gegen die zugrundeliegende Gesetzmäßigkeit besagen. Denken wir etwa an das allbekannte Aprilwetter oder den oben erwähnten Altweibersommer, so hätten wir da Beispiele für derartige regelmäßig wiederkehrende Witterungsereignisse. Man nennt sie auch Singularitäten. Charakterisieren wir einmal kurz die vier Jahreszeiten, wie sie sich in Wetter und Wolken bei uns in Mitteleuropa gewöhnlich darbieten!

Beginnen wir mit dem Winter, der, wenn wir ihn meteorologisch festlegen, die Monate Dezember bis Februar umfaßt. Sein Wetter wird durch die Wechselwirkung von milder Meeresluft vom Atlantischen Ozean und arktischer oder sibirischer Kaltluft aus nördlicher und östlicher Richtung bestimmt. Je nach dem Überwiegen der einen oder anderen der beiden Luftmassen fällt der Winter milder oder strenger aus. Doch meist sind auch innerhalb der strengen Winter mildere Perioden eingeschaltet und umgekehrt. Darin offenbaren sich bestimmte Rhythmen des Witterungsablaufes. Solange die milde Meeresluft aus Westen und Südwesten ungehindert nach Mitteleuropa einströmen kann, herrscht feucht-trübes, oftmals nebeliges Wetter mit verbreiteter Schichtbewölkung. Wir kennen diese Lagen am besten vom November her. Doch halten sie meist bis in den Dezember hinein an. Dann wird zum ersten Mal durch Zustrom von

Kaltluft aus Osten ein Hochdruckgebiet über Mitteleuropa aufgebaut. Im zweiten Dezemberrittel beginnt meist der „Frühwinter“ mit etwas Schnee und scharfem Frost. Sofern sich nicht undurchdringliche Hochnebelbänke bilden, ist die Bewölkung tageweise stärker aufgelockert (Bild 27). Doch diesem ersten Schneewetter ist meist wenig zu trauen! Bereits in den Weihnachtstagen, spätestens zu Sylvester, wird es von einer Tauwetterperiode abgelöst. Diese „Weihnachtszyklone“ tritt mit sehr großer Regelmäßigkeit auf und bestimmt meist das Wetter der Feiertage. Als Skifahrer sollte man also, wenn irgend möglich, seinen Urlaub erst im Januar antreten, andernfalls wird man nur allzu häufig schwer enttäuscht werden. Der eigentliche „Hochwinter“ pflegt im langjährigen Mittel zwischen dem 15. und 26. Januar zu liegen. Ein aus arktischer Luft aufgebautes Kältehoch bestimmt dann das Wetter. Freilich darf man nun nicht etwa Wolken des sommerlichen Hochdruckwetters erwarten. Nebel- und Schichtwolken sind in der Übermacht. Es gibt aber auch Tage, an denen es völlig aufklart. Dann zeigt sich unter Umständen den ganzen Tag über keine einzige Wolke, da für Haufenwolken die nötige Erwärmung des Untergrundes fehlt. Das gibt bei entsprechender Schneedecke herrlichstes Strahlungswetter, das Wunschbild aller Winterurlauber! Meist treten um Mitte Januar auch die strengsten Fröste auf, da hier die Ausstrahlung am stärksten ist.

Um die Wende von Januar zu Februar setzt sich wieder milderer Westwetter mit Vorüberzug von Tiefdruckgebieten durch. Um den Lichtmeßtag, den 2. Februar, drehen sich viele Volkswetterregeln, in denen meist ein wahrer Kern liegt. Eine davon etwa lautet: „Wenn's zu Lichtmeß stürmt und schneit, ist der Frühling nicht mehr weit“. Natürlich ist das Wetter eines einzigen Tages nicht allein ausschlaggebend für die Entwicklung des künftigen Wetters. Wir müssen uns vielmehr die Großwetterlage des betreffenden Zeitraums ansehen. Wenn stark winterliches Wetter herrscht, kann mit

einem normalen Ablauf des Jahres gerechnet werden, und in einigen Wochen findet der Winter seinen Abschluß. Ist jedoch Anfang Februar das Wetter mild und geradezu frühlingmäßig, so steht zu befürchten, daß sich ein Kälterückfall, ein „Nachwinter“, geltend macht. Im normalen Ablauf bringt jedoch den sogenannten Spätwinter die erste Februarhälfte. Bisweilen folgt am Ende des Monats noch ein schwächeres Nachspiel. Die Schichtwolken, die bisweilen sehr tief herabhängen, beherrschen auch in diesem Monat noch völlig das Bild. Doch liegt ihre obere Grenze häufig in 800 bis 1000 Metern. Darüber aber ist es wolkenlos. In den Bergen hat man beim Wintersport das schönste, klare Strahlungswetter und kehrt stark gebräunt nach Hause zurück.

Das Frühjahr ist meist sehr wechselvoll. Tage sonnigen Hochdruckwetters, die aber in der Minderzahl zu sein pflegen, wechseln mit den zu dieser Jahreszeit sehr häufigen Schauerwetterlagen. Feuchte Luftmassen werden aus Nordwest herangetragen. Böige, kalte Winde bringen Schnee- und Regenschauer. Es entsteht das „Aprilwetter“, das aber keineswegs nur auf diesen Monat beschränkt ist. Ostern kann sehr verschieden ausfallen! Die Bewölkung zeigt jetzt in reichem Maße auch Quellformen, die freilich nicht nur der Konvektion, sondern vor allem der Turbulenz in der Kaltluft ihren Ursprung verdanken.

Regeltage für Hochdrucklagen liegen zwischen dem 14. und 25. März, der Zeit des Vorfrühlings, ferner mit nicht ebenso großer Regelmäßigkeit um den 18. April und dann erst wieder zwischen dem 22. Mai und 2. Juni. Die letztgenannte, die Spätfrühlings-Hochdruckperiode, in die meist Pfingsten fällt, hat oft schon recht heiße Tage mit kräftiger Konvektionsbewölkung, bei der es dann nicht ohne einige Gewitter abgeht.

In den Monaten Mai bis Juli fließt beständig kühle Meeresluft von Westen und Nordwesten nach Mitteleuropa hinein. Diese Erscheinung steht im Zusammenhang mit der sommer-

lichen Erwärmung des großen eurasiatischen Kontinents. Nach den im Innern der Landmassen sich bildenden Gebieten tiefen Luftdrucks wird von allen Seiten Luft eingesaugt. In größerem Maßstab vollzieht sich der Vorgang auf der Südseite von Asien, wo von den tropischen Meeren her die Monsun-Winde in den Kontinent einströmen. In Anlehnung daran werden auch die auf die gleiche Ursache zurückzuführenden, jedoch bei weitem nicht so beständigen Zuflüsse atlantischer Meeresluft nach dem europäischen Festland hin als „Europäischer Monsun“ bezeichnet. Man kann meist mehrere solcher Monsunwellen in den Frühsommerwochen unterscheiden. Sie stehen mit Zyklonenserien in Verbindung, die um diese Zeit unser Gebiet berühren. Die erste dieser Wellen liegt in der Zeit vom 8. bis 15. Mai. Sie wird im Volksmund als „die Eisheiligen“ gekennzeichnet. Die genauen Termine, der 11. und 13. Mai, werden nur in den seltensten Fällen eingehalten. Eine weitere Kälteperiode — die Meeresluft ist im Sommer immer kühler als die festländische — liegt um den 20. Juni. Sie ist als Schafkälte bekannt, weil die um diese Zeit geschorenen Schafe besonders darunter zu leiden haben.

Ein weiterer viel genannter Regeltag ist der Siebenschläfer, der 27. Juni, von dem behauptet wird, daß es sieben Wochen regnet, sofern der Tag selbst ein Regentag ist. So etwas ist natürlich Aberglaube, und man kann sich leicht anhand von Klimabeobachtungen aus den letzten Jahrzehnten davon überzeugen, daß diese weitverbreitete Regel nie gestimmt hat. Dagegen hat man um diesen Termin herum sehr häufig regnerisches Wetter, das sich zu unserem Leidwesen sehr oft bis in die Sommerferienzeit hinein halten kann.

Regenbringer sind im Mai und Juni auch häufig Zyklonen aus dem Mittelmeergebiet. Es handelt sich um die bereits erwähnten V^b-Wetterlagen (S. 27), die meist reichliche

Niederschläge bringen und unter Umständen verheerende Hochwässer auslösen können.

Das Sommerwetter ist bei uns leider niemals ganz beständig. Die Wahrscheinlichkeit für die erwähnten zyklonalen „Monsonwetterlagen“ mit Schichtwolken und Regen ist größer als für heiteres Hochdruckwetter mit Haufenwolken. Zwar kommt es zwischendurch nach trüben Perioden immer wieder zu ein- bis zwei Tagen Aufheiterung, so daß unsere Sommerferien nur höchst selten einmal vollkommen verregnen. Stabiles Hochdruckwetter, das dann zuweilen auch mehrere Wochen lang anhält, tritt aber erst am Anfang des Septembers ein. Das erste und das letzte Drittel des Septembers haben am häufigsten gutes Wetter. Dazwischen liegt wieder eine unbeständigere Periode. Jetzt hat die trockene Festlandluft, die von Südosten her eingeströmt ist, die Herrschaft. Die Tage sind daher meist sehr wolkenarm. Dafür bildet sich starker Dunst, der sich von Tag zu Tag verdichtet.

Im Anschluß an diese Witterungsperiode gewinnt wieder in stärkerem Maße die Zyklonentätigkeit von Westen her im Bereich des Kontinents an Einfluß. Die Herbststürme brausen übers Land. Wolkenreiches Wetter will in der Folge nicht mehr abreißen, und der November mit seinen reichen Nebel-lagen gibt uns bereits einen Vorgeschmack des bevorstehenden Winters, obwohl die Luft noch recht mild ist.

So zeigt uns das Jahr in einem gesetzmäßigen Rhythmus zu allen Monaten ganz bestimmte Wolkenbilder in seinem Ablauf. Wer diese Gesetzmäßigkeiten, die hier nur ganz grob umrissen werden konnten, einmal genauer studieren will, der sollte ein paar Jahre hindurch mit Sorgfalt regelmäßig Wetter- und Wolkenbeobachtungen aufschreiben. Ein einfacher Terminkalender genügt für diesen Zweck. In diesen trägt ihr jeden Tag Menge und Art der Wolken, den Wind nach Stärke und Richtung und den Niederschlag ein. Bei letzterem müßt ihr außerdem möglichst genau die Zeit des Anfangs und Endes vermerken und angeben, ob es sich um

Aufgleitregen, Schauer oder Nieselregen handelte. Besondere Wetterereignisse, wie starker Dunst, ein Halo oder eine Luftspiegelung und ähnliche, lohnen ebenfalls, festgehalten zu werden. In bestimmten Abständen müßt ihr dann eure Beobachtungen zu Typen zusammenfassen, indem ihr euer Material nach Hoch- und Tiefdrucklagen oder, wenn ihr erst tiefer in die Wetterkunde eingedrungen sein werdet, vielleicht auch nach Großwetterlagen ordnet. Auch die verschiedenen Arten der Frontdurchgänge werdet ihr mit der Zeit auseinanderzuhalten lernen. So gewinnt ihr durch eigenes Beobachten allmählich eine sichere Vorstellung vom Ablauf des Wetters in den einzelnen Monaten. Wer schließlich die Möglichkeit hat, mit Rucksack und Nagelschuh während der Sommerferien oder auf den Brettern im Winter ins Reich der Wolken selbst vorzustößen, und sei es auch nur im Bereich unserer Mittelgebirge, der lasse nicht nur den Zauber auf sich wirken, der ihn umfängt, wenn er mit den Wolken selbst in Berührung kommt und besonders, wenn er über ihnen steht und auf ihr wallendes und brodelndes Meer herabschauen kann, sondern vergesse nicht, auch hier beständig Beobachtungen zu sammeln. Noch eindrucksvoller ist schließlich der Himmel des Hochgebirges. Oft beschert er uns ganz unvermittelten Szenenwechsel, wenn wir auf sturmgepeitschter Höhe plötzlich von schwerem Wetter überrascht werden, welches unvermittelt die Bergriesen in Schnee- und Hagelgestöber hüllt.

Alles Wettergeschehen mußte früher als unabänderlich hingenommen werden. Hilflos preisgegeben, suchten die Menschen Götter und Dämonen dafür verantwortlich zu machen; sie belohnten durch Sonnenschein und strafte durch Blitz, Donner, Hagel und Sturm. Erst vor etwa hundertfünfzig Jahren begann man, die Wettererscheinungen wissenschaftlich zu beobachten und zu untersuchen. Im Jahre 1873 fand in Wien der erste internationale meteorologische Kongress statt. Inzwischen haben bedeutende Gelehrte viele Geheim-

nisse entschleiert, und die systematische Zusammenarbeit der Wissenschaftler aller Erdteile wird dahin führen, eines Tages die noch unerkannten Zusammenhänge zu durchschauen und sogar notwendigen Einfluß zu gewinnen.

WORTERLÄUTERUNGEN

adiabatisch	griech., nicht durchgehend, bezeichnet Vorgänge wie etwa Bewegungen von Luftmassen, bei denen kein Wärmeaustausch mit der Umgebung erfolgt
Aggregatzustand	lat. aggregare — anhäufen; Zustandsform der irdischen Stoffe in ihren drei Haupttypen: fest, flüssig oder gasförmig
Alto-Wolken	lat. altus — hoch; mittelhohe Wolken (2—6 km Höhe)
Alfocumulus	lat. cumulus — Haufen; mittelhohe Haufenwolke
Altostratus	lat. stratum — Schicht; mittelhohe Schichtwolke
Aneroid	griech. an — nicht, aer — Luft, eidos — Gestalt; Gerät zur Messung des Luftdrucks, bei der die Veränderung einer luftleer gepumpten Metalldose unter dem Einfluß des Luftdrucks zur Messung verwendet wird
Antizyklone	griech. anti — entgegengesetzt, kyklos — Kreis-Drehung; Hochdruckgebiet
Atmosphäre	griech. atmos — Dampf, sphaira — Kugel; Lufthülle der Erde
Azorenhoch	beständiges Hochdruckgebiet über dem Mittelatlantik, das nach der Inselgruppe der Azoren benannt wird
Barometer	griech. barys — schwer, metron — Maß; Instrument zur Anzeige des atmosphärischen Druckes

Böe	stoßartige Schwankung der Windstärke oder auch der Windrichtung, meist an Gewitter und den Durchgang von Fronten gebunden
castellatus	lat. castellum — Burg, Befestigung; zinnenartig
Cirrus	lat. cirrus — Haarlocke; hohe Eiswolke
Cirrocumulus	lat. cumulus — Haufen; hohe Haufenwolke, „Schäfchen“-wolke
Cirrostratus	lat. stratum — Schicht; hohe Schichtwolke, Schleierwolke
Cumulus	lat. cumulus — Haufen; Haufen- oder Quellwolke
Cumulonimbus	lat. nimbus — Platzregen; getürmte Gewitterwolke
Dampfdruck	Anteil des Wasserdampfes am atmosphärischen Druck
densus	lat., dicht
extrem	lat., äußerst, höchstgradig
Fracto-Wolken	lat. frangere — zerreißen; zerrissene Wolken
Fractostratus	lat., zerrissene Schichtwolken, Schlechtwetterwolken, tiefe Fetzen
filosus	lat. filum — Faden; fadenförmig
Front, Frontalzone	Grenzgebiet zwischen zwei verschiedenen Luftmassen, in dem es infolge starker Vertikalbewegungen zu lebhaften Wettererscheinungen (Regen, Schnee u. ä.) kommt
Großwetterlage	einheitlicher, hinsichtlich seiner Entwicklung zusammengehöriger Wetterablauf eines größeren Raumes (z. B. Europas einschließlich des Nordatlantiks)

Halo	griech., Hof; Ring um Sonne oder Mond, der durch Brechung der Lichtstrahlen in Eiskristallen entsteht
horizontal	griech., waagrecht
humilis	lat., niedrig; (vgl. abgeflachte Haufenwolken)
Hygrometer	griech. hygros — feucht, metron — Maß; Instrument zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit
Interferenz	lat. interfere — zusammenwirken; Beugung des Lichtes durch Zusammenwirken verschiedener Wellenlängen, die sich teilweise verstärken, teilweise auslöschen
Jonen	griech. ion — wandernd; elektrisch geladene Atome und Moleküle
Jonosphäre	oberstes Stockwerk der Atmosphäre, in dem sich zahlreiche elektrisch leitende Schichten (vgl. Jonen) finden
Intensität	lat., Stärke, Wirksamkeit einer Erscheinung
Inversion	lat., Umkehr; Schicht, in der die Temperatur, die normalerweise mit der Höhe abnimmt, nach oben hin ansteigt, auch Sperrschicht genannt
Isobaren	griech. isos — gleich, baros — Schwere; Linien gleichen Luftdrucks
Klima	griech. klinein — neigen; gemeint ist die Neigung der Erdachse und die dadurch bedingte unterschiedliche Bestrahlung der Erde; mittlerer Ablauf der Witterung an einem gegebenen Ort, der sich jedes Jahr in ähnlicher Form wiederholt
kolloidal	griech. kolla — Leim, eides — artig, ähnlich; Zustand feinsten Verteilung eines Stoffes in einem anderen

Kondensation	lat. condensare — verdichten; Verflüssigung, Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Zustand
Kondensationskerne	feste oder flüssige, teils lösliche Teilchen, an denen sich der Wasserdampf ansetzt und Tröpfchen bildet
Kondensationsniveau	frz. niveau — Höhe, Fläche; Höhe in der Atmosphäre, in der die Taupunkttemperatur erreicht wird und somit die Verflüssigung des Wasserdampfes eintritt, meist mit der unteren Grenze der Bewölkung übereinstimmend
Kondensationswärme	bei der Verflüssigung des Wasserdampfes freiwerdende Wärmemenge
Konvektion	lat. convectio — Bewegung; Auf- und Abbewegung von Luftteilchen, senkrechter Luftmassentransport
Kompressionswärme	lat. comprimere — zusammenpressen; Wärme, die bei dem Zusammenpressen von Gasen erzeugt wird
Kristall	griech., natürlicher, starrer, von ebenen Flächen begrenzter Körper, der durch gesetzmäßige Anordnung der Atome in Gitterebenen, Kristallgitter, zustande kommt
labil	lat., veränderlich, unsicher, nicht in die Ruhelage zurückkehrend
Labilisierung	Herbeiführen eines labilen Zustandes
lenticularis	lat., linsenförmig
lokal	lat. locus — Ort; örtlich, ortsgebunden, ortsbedingt
Luftfeuchtigkeit, absolute	tatsächlicher Feuchtigkeitsgehalt der Luft, gemessen in Gramm pro Kubikmeter feuchte Luft
Luftfeuchtigkeit, relative	Verhältnis des in der Luft vorhandenen Feuchtigkeitsgehaltes zu dem bei der betreffenden Temperatur größtmöglichen, ausgedrückt in Prozenten

maritim	lat. mare — Meer; zum Meere gehörig, vom Meere beeinflusst
Maximum	lat., Höchstwert
Meteorologie	griech. meteora — Himmelserscheinung, logos — Lehre; Wetterkunde
Meteorit	Bruchstück kosmischer Körper, vorwiegend aus Metallen, das in die irdische Lufthülle gelangt
Millibar	lat. mille — tausend, baros — Schwere; Maßeinheit für den Luftdruck im Druckmaß
Minimum	lat., Tiefstwert
Nimbus	lat., alte Bezeichnung für Regenwolke
Nimbostratus	stratum — Schicht; schichtförmige Regenwolke
Niveau	frz., Höhenlage, Fläche, Schichtfläche
nothus	lat., falsch
Okklusion	lat. occlusio — Abschnürung; Wetterfront, die aus Zusammenschluß von Warm- und Kaltfront einer Zyklone entstanden ist, wobei die Warmluft des Warmsektors vom Boden abgehoben wurde
Phase	griech., das Erscheinen; Stadium des Eintritts eines bestimmten Vorgangs, z. B. Vereisung der Wolken
Polarfront	Grenzfläche zwischen der arktischen Kaltluft und den wärmeren Luftmassen gemäßigter Breiten
Radiosonde	Gerät, das bei unbemannten Ballonaufstiegen in die hohe Atmosphäre Werte von Luftdruck, Temperatur und Feuchte mittels Kurzwellensenders einer Bodenstation übermittelt und somit den vertikalen Aufbau der Atmosphäre meist bis 30 km Höhe zu beobachten gestattet

registrieren	frz., selbsttätig zeichnen, aufzeichnen, aufschreiben
rhythmisch	griech., gleichmäßig im Wechsel wiederkehrend
Singularität	lat. singularis — vereinzelt, einzigartig; an bestimmte Termine gebundene, alljährlich ziemlich regelmäßig wiederkehrende Witterungsereignisse
Spektrum	lat., nach den Wellenlängen in verschiedene Farben aufgespaltetes Licht. Spektren entstehen durch Brechung oder Beugung der Strahlen
stabil	lat. stare — stehen; fest, beständig, bei Bewegung zur Ruhelage zurückkehrend
Stratosphäre	lat. stratum — Schicht, griech. sphaira — Kugel; mittleres Stockwerk der Atmosphäre von 12—80 km Höhe
Stratus	lat. stratum — Schicht; Schichtwolke
Sublimation	lat., Übergang von dem gasförmigen in den festen Zustand
Taupunkt	Temperatur, bei der die Luft bei dem vorhandenen Feuchtigkeitsgehalt den Sättigungszustand erreicht
Tendenz	lat. tendere — neigen; Neigung zu einer Änderung, Entwicklungsrichtung
Tropikluft	griech. tropos — Wendekreis; Warmluft, die aus dem Gebiet der Wendekreise (etwa vom Azorenhoch) stammt
Tropopause	griech. treptein — wenden; Übergangszone zwischen unterer (Troposphäre) und mittlerer (Stratosphäre) Schicht der Atmosphäre, liegt zwischen 8 und 14 km Höhe

Troposphäre	griech. treptein — wenden, sphaira — Kugel; unteres Stockwerk der Atmosphäre (0—10 km Höhe), in dem sich alle Wettervorgänge abspielen
Turbulenz	lat. turbare — verwirren, verwirbeln; ungeordnete, verwirbelte Luftbewegung
uncinus	lat., krallenförmig
vertebratus	lat. vertebra — Gräte, Rippe; grätenförmig, gerippt
vertikal	lat., senkrecht
vesperalis	lat. vesper — Abend; abendlich
Zirkulation	lat. circulare — kreisen; Kreislauf (der Luftmassen in der irdischen Luft-hülle)
Zyklone	griech. kyklos — Kreis, Wirbel; Tiefdruckgebiet, Wetterstörung, durch Zusammenwirken verschiedener Luftmassen entstandener Wirbel

TAFELFOLGE

1. Aufgelockertgr Stratocumulus. „Die Sonne zieht Wasser.“
2. Frühdunst im morgendlichen Herbstwald
3. Talnebel (Saaletal)
4. Flache Schönwettercumuli (Mecklenburg)
5. Starke Quellwolkenbildung (Thüringen)
6. Quellwolken in Zusammenhang mit Seewind (Rügen)
7. Haufenwolken über einem Gebirgskamm (Thüringer Wald)
8. Emporschießen von Quellformen über See (Hiddensee)
9. An einer Sperrschicht sich ausbreitende Cumuli
10. Zinnenförmige Kastellatuswolken in labiler Kaltluft
11. Eine Haufenwolke nimmt Amboßform an
12. Aufziehendes Gewitter
13. Auflockerung der Bewölkung nach einem Gewitter
14. Föhnmauer (Thüringer Wald)
15. Föhnluke (Blick von Norden auf den Thüringer Wald)
16. Lentikulariswolken (Thüringer Wald)
17. Auflockernde Schichtwolkendecke im Abendrot
18. Hohe Schleierwolken mit einzelnen tiefen Fetzen
19. Faserzirren
20. Hohe Eiswolken in Form von Wetterbäumen
21. Hohe Schäfchenwolken (Cirrocumulus)
22. Sonnenuntergang in Altostratus. Herannahen eines Tiefdruckgebiets
23. Aufgleitbewölkung im Flachland
24. In Auflösung begriffenes Altocumulus-Feld
25. Durchhängende Schlechtwetterwolken einer Warmfront
26. Zerrissene, tiefe Schlechtwetterwolken (Elbsandsteingebirge)
27. Stabile Altostratusdecke am winterlichen Himmel
28. Schwache, sich auflösende Störungslinie (Okklusion)
29. Abendstimmung mit Kaltluftbewölkung
30. Schauerätigkeit (Rügen)
31. Chaotische Bewölkung beim Durchzug einer Kaltfront
32. „Rückseitenwetter“

Umschlagbilder: Getürmte Cumulus-Wolken an Sommertagen

Die Aufnahmen 4, 6, 9 und 23 wurden von Herrn H. Dornick, Leipzig, freundlicherweise zur Verfügung gestellt, die übrigen sind Aufnahmen des Verfassers.

EMPFEHLENSWERTES SCHRIFTTUM

Als erste Einführung in die Wetterkunde geeignet:

1. Butze, H.
„Mit Barometer und Pilotballon“
Kinderbuchverlag, Berlin 1952
Eine Gruppe junger Menschen besucht eine Wetterwarte und lernt hier die verschiedenen Instrumente, die vielfältige Arbeit des Meteorologen und die Wettervorgänge selbst kennen. Die Art der Darstellung ist so eindringlich, daß nichts unverständlich bleibt. Gute Illustrationen unterstützen den Text.
2. Iljin, M.
„Wolkenschieber und Wettermacher“
Verlag Volk und Welt, Berlin 1950
Der bekannte sowjetische Schriftsteller führt in seiner gewohnten anschaulichen und zugleich mitreißenden Art in die Grundlagen der Wetter- und Gewässerkunde ein und schildert ihre vielseitigen Verflechtungen mit unserem modernen Leben; insbesondere eröffnet er Ausblicke in die Zukunft, wo die Menschheit durch sinnvolle Lenkung der klimatischen Verhältnisse die Natur umgestaltet, wie es in der SU in verheißungsvollen Ansätzen bereits geschieht.
3. König, W.
„Grundzüge der Meteorologie“
B. G. Teubner, 2. Aufl., Leipzig 1953
Von berufener Hand in gedrängtester Form zusammengestellter Abriss, der klare Grundvorstellungen vermittelt.
4. Kolobkow, N. W.
„Gewitter und Stürme“
Aufbau-Verlag, Berlin 1953
Die mit dem Thema zusammenhängenden Probleme werden unter Berücksichtigung neuer Forschungsergebnisse mit eindrucksvollen Beispielen aus der SU belegt. Leider ist die Übersetzung nicht durchweg einwandfrei, so daß sich einige sinntstellende Fehler eingeschlichen haben.
5. Prochnow, O.
„Die Wolken“
Neue Brehm-Bücherei, 2. Aufl., Leipzig 1951
Mit guten Abbildungen versehene Einführung in die Wolken-

klassifikation, die sich wegen ihrer trefflichen sprachlichen Gestaltung gut liest, wenngleich sie nicht allzu tief schürft.

6. Siegel, J.

„Wetter und Klima“. Reihe Lernen und Lehren

Volk und Wissen, Berlin 1948

Eine nicht zu umfangreiche Darstellung der wesentlichsten Zusammenhänge mit zahlreichen anschaulichen Beispielen, die sich zur Anregung für die Unterrichtsgestaltung recht gut eignen.

Bücher für fortgeschrittene Leser:

7. **Anleitung für Beobachter an den Wetterbeobachtungsstellen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der DDR**

Akademie-Verlag, Berlin 1953

Als schöne Zusammenfassung und als Nachschlagewerk über sämtliche beim Anstellen von Wetterbeobachtungen, bei Aufzeichnung und Auswertung derselben auftretenden Probleme zu gebrauchen. Auch über die im Wetterdienst gebräuchlichen Instrumente findet der Leser genaue Beschreibungen sowie Richtlinien über ihre Aufstellung und Wartung.

8. Grunow, J.

„Allgemeine Wetterkunde“

Gartenverlag, Berlin-Kleinmachnow 1952

Tiefgründige, den neuesten Stand der Forschung berücksichtigende Bearbeitung des Gesamtstoffes unter Betonung der Belange der Praxis. Originelle Schemata und Erläuterungsskizzen von der Hand des Verfassers erleichtern das Verständnis.

9. **Rahmenpläne für die außerschulischen Arbeitsgemeinschaften**

„Junge Meteorologen“

Volk und Wissen, Berlin 1952

Hinweise und Richtlinien sowie gute Gliederungen für die Behandlung des Stoffes, wobei Theorie und Beobachtungspraxis immer aufs engste miteinander verknüpft werden.

10. Schmauß, A.

„Das Problem der Weltvorhersage“

Akademische Verlagsgesellschaft, 5. Auflage, Leipzig 1945 —

Leider weitgehend vergriffen.

In kritischer Betrachtung wird von einem der besten Fachkenner die Wetterprognose, ihr gegenwärtiger Stand und die neueste Entwicklung anschaulich einem größeren Kreise dargeboten.

11. **Süring, R.**
„Die Wolken“
Akademische Verlagsgesellschaft, 3. Auflage, Leipzig 1950
Neueste Forschungsergebnisse in guter Zusammenfassung werden von dem Verfasser, der selbst auf dem Gebiete der Wolkenforschung Bahnbrechendes geleistet hat, in erschöpfender Weise dargestellt.
- Fachwissenschaftliche Darstellungen, die bisweilen Vorkenntnisse — besonders mathematische — voraussetzen.**
12. **Israel, H.**
„Das Gewitter“
Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950
Die neuesten Erkenntnisse auf dem Gebiet der Gewitterforschung werden gründlich und kritisch dargestellt; jedoch ist die Lektüre nur mit physikalischen Kenntnissen gewinnbringend.
13. **Koch, H. G.**
„Heimatwetterkunde von Thüringen“
Gustav Fischer, Jena 1953
Auf der Grundlage der Wetterkunde aufgebaute Landschafts-Klimatologie. Der Ablauf der Witterung im jahreszeitlichen Wechsel wird mit seinen mannigfaltigen Abwandlungen von Ort zu Ort für Thüringen reizvoll geschildert.
14. **Raethjen, P.**
„Dynamik der Zyklonen“
Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1953
Verfasser gibt Überblick über die bisherige Entwicklung der Zyklonentheorie bis zur neuesten Entwicklung mit interessanten Ausblicken auf die künftige Entwicklung. Der zweite Teil stellt mathematische Anforderungen.
15. **Schneider-Carius, K.**
„Die Grundsicht der Troposphäre“
Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1953
Es wird ein Einblick in die Aerologie der Troposphäre vermittelt. Gewisse meteorologische Grundvorstellungen werden aber vorausgesetzt.

JUGENDBUCHREIHE „ERLEBTE WELT“

- BAND 1 neu in Vorbereitung
 BAND 2 Heinz Geiler, „Fische in Bach und Teich“
 BAND 3 Ludwig Hinterthür, „Hallimasch und Butterpilz“
 BAND 4 Herbert Schönebaum, „Aber der Wagen rollt“
 BAND 5 Heinrich Dathe, „Kleines Käferbüchlein“
 BAND 6 Rudolf Haupt, „Von Schlangen, Echsen und Lurchen“
 BAND 7 Conrad Vollmer, „Am Tümpel vor der Stadt“
 BAND 8 Ludwig Hinterthür, „Herbstliches Tischleindeckdich“
 BAND 9 Jean Henri Fabre, „Von Heuschrecken, Grillen und Gottesanbeterinnen“
 BAND 10 Conrad Vollmer, „Die großen Schwingen“
 BAND 11 Heinz Geiler, „Buntes Schmetterlingsbüchlein“
 BAND 12 Conrad Vollmer, „Buntes Gefieder an Bach und See“
 BAND 13 Jan Zabinski, „Die seltsame Wiege“
 BAND 14 Karl-Heinz Roszak, „Kräuterbüchlein“
 BAND 15 Gerhard Schmidt, „Wunderwelt der Steine“
 BAND 16 Margot Abt, „Wasser, nichts als Wasser“
 BAND 17 Conrad Vollmer, „Kleine Welt am Meeresstrand“
 BAND 18 W. J. Gromow, „Was vor Millionen Jahren auf der Erde war“
 BAND 19 B. Ljapunow, „Geschichten von der Atmosphäre“
 BAND 20 Dietmar Riedel, „Silberne Ernte“
 BAND 21, 22 Robert Gerber, „Gefiederte Sänger“
 Erster und zweiter Teil
 BAND 23 Suse Vogel, „Bringt alle Instrumente mit“
 BAND 24 Alfred Lehmann, „Tiere kamen zu uns“
 BAND 25 Helmut Stapf, „Erz wird Stahl“
 BAND 26 Conrad Vollmer, „Flinke und heimliche Gesellen“
 BAND 27 Herbert Schönebaum, „Anker auf“
 BAND 28 Friedrich Lieber, „Aus der Werkstatt der Kunst“
 BAND 29 Helmut Stapf, „Baumeister Kalk“
 BAND 30 Robert Gerber, „Fledermäuse, Eulen und andere Nachtgeister“
 BAND 31 Walter Illing, „Langer Weg zur kurzen Welle“
 BAND 32 Gerhard Schmidt, „Wolken und Wetter“
 BAND 33 Ludwig Hinterthür, „Bedrohte Schönheit“
 BAND 34 G. A. Aristow, „Vom Aufbau des Sonnensystems“
 BAND 35 Conrad Vollmer, „Kleine Baumchronik“
 BAND 36 Walter Winkler, „Vom vielbegehrten Zucker“

Die Reihe wird fortgesetzt

