NKE/
SSNER

DER WETTERKUNDLICHE UNTERRICHT

Der wetterkundliche Unterricht

ein systematischer Lehrgang

bearbeitet von

DR. FRANZ LINKE

Dozent für Meteorologie und Geophysik
am Physikalischen Verein und der Akademie

in Gemeinschaft mit

JACOB CLÖSSNER

Lehrer an der Karmeliterschule

in Frankfurt am Main.

Zweite und dritte, durchgesehene Auflage.

Mit 52 Textfiguren, 7 farbigen Tafeln und vielen Tabellen.

FRANKFURT AM MAIN
Verlag von Franz Benjamin Auffarth
1912

C. Naumann's Druckerei, Frankfurt a. M.

Vorwort zur 1. Auflage.

Seit einigen Jahren legen die Schulbehörden aller deutschen Staaten Wert auf eine eingehendere Behandlung der Wetterkunde im Schulunterricht. Sie begegnen damit den Interessen des Öffentlichen Wetterdienstes, dessen grosse Vorteile wegen des geringen Standes der meteorologischen Kenntnisse in breiten Schichten nur zum Teile ausgenutzt werden. Es scheint nur einen Weg zu geben, diesem Mangel abzuhelfen, und der führt durch die Schule. Erwachsene haben nur selten Zeit und Lust, sich mit ihnen bisher fern liegenden abstrakten Gegenständen zu befassen.

In der Lehrerschaft besteht nun auch überall entschiedenes Interesse für Wetterkunde. Doch fehlt die nötige Vorbildung, weil dieser Lehrgegenstand in Seminarien bisher in nicht genügender Weise vertreten war; ferner, weil es bisher kein Buch gibt, das die Bedürfnisse der Schule in genügender Weise berücksichtigt. Durch Zusammenarbeiten der Wetterdienststelle Frankfurt a. M. mit der Lehrerschaft von Frankfurt a. M. und Umgebung sind in den letzten Jahren Erfahrungen gesammelt worden, welche die Unterzeichneten hiermit der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen.

Der unterzeichnete Leiter der Wetterdienststelle Frankfurt a. M. bekam auf Eingabe hin von den Königlichen Regierungen in Wiesbaden, Cassel und Coblenz die Erlaubnis, zweitägige Wetterkurse für Lehrer abzuhalten. Bei diesen Kursen, welche durch die Schulbehörden in jeder Weise begünstigt und unterstützt wurden, konnte eine Menge von wertvollen Erfahrungen gesammelt werden, zumal von einigen Lehrern schon erzielte praktische Erfolge dem Vortragenden zur weiteren Benutzung zur Verfügung gestellt wurden.

In Frankfurt hielt im Herbst 1909 in der „Allgemeinen Lehrerversammlung“ Herr Lehrer W. Laux einen Vortrag über „Wetterkunde in der Volksschule“, zu welchem auch

die Beamten der Wetterdienststelle eingeladen waren. Dabei wurde die Notwendigkeit des wetterkundlichen Unterrichtes betont; auch wurden schon einige der in diesem Buche aufgenommenen Methoden entwickelt, durch welche man den Schülern die Grundlagen der Wetterkunde leicht zugänglich machen kann. Unter dem Eindrucke der folgenden Diskussion bildete sich eine Kommission, bestehend aus den Herren Rektor F. W. Schmidt, Rektor C. Zeissing, Rektor Dr. W. Dienstbach, Lehrer W. Jenior, Lehrer W. Laux, Lehrer Ph. Michels und den Unterzeichneten, welche hauptsächlich über die Lehrmittel beriet, und deren Ergebnisse in einer Denkschrift den Schulbehörden unterbreitet werden sollten. Und aus dieser Schrift, welche in der Form nicht zu stande kam, ist dann schliesslich, nachdem der ausgedachte Lehrplan sich bei praktischen Versuchen als durchführbar erwiesen hatte, das vorliegende Lehrbuch entstanden.

Wir haben das Buch in vier Abschnitte geteilt:

Im I. Teile, „Methodik des wetterkundlichen Unterrichts", wird die Notwendigkeit und die Zweckmässigkeit einer Einführung der Wetterkunde in die Schule gezeigt, gleichzeitig aber betont, dass die Einführung nur möglich ist, wenn sie keine Neubelastung des Lehrplanes darstellt. Nur wenn ein geeigneter Lehrgang der Wetterkunde gefunden wird, der dieser Forderung entspricht, kann man an eine allgemeine Einführung denken. Ein solcher Lehrgang wird im folgenden bis ins einzelne entrollt.

Die übrigen drei Teile des Buches entsprechen den drei verschiedenen Abschnitten des Lehrganges: Wetterbeobachtungen (Teil II), Ableitungen von Wetterregeln aus den graphischen Darstellungen dieser Beobachtungen (Teil III), Erklärung dieser Wetterregeln aus der Theorie der Hoch- und Tiefdruckgebiete (Teil IV). Der vorhandene Stoff musste in diesen drei Abteilungen so untergebracht werden, dass er, ohne den vorgeschlagenen Lehrgang zu stören, dem Lehrer alles bietet, was er aus der Wetterkunde erfahren möchte.

Wenn dabei Abschweifungen vom Gedankengang notwendig waren oder über den eigentlichen Lehrstoff hinausgegangen werden musste, wurden die entsprechenden Abschnitte in kleinem Druck gehalten.

Indessen wurde nicht der Hauptwert darauf gelegt, ein vollständiges Lehrbuch der Meteorologie zu schreiben. Wer eingehendere Studien in dieser oder jener Richtung beabsichtigt, sei auf den am Schlusse des Buches angeführten Literaturnachweis verwiesen. Im wetterkundlichen Schulunterricht kommt es weniger auf die Menge des aufzunehmenden Stoffes als auf dessen Anschaulichkeit an. Die Selbsttätigkeit der Schüler muss überall im Vordergrund stehen. Nur die wirklich erlebten Tatsachen können sich fruchtbar erweisen, sei es für das Verständnis der Wetterkarte oder für die Vertiefung und Klärung der Vorstellungen auf anderen Gebieten, die mit der Wetterkunde zusammenhängen.

Immerhin glauben wir alles Wesentliche gesagt zu haben, was in einem Schulunterricht, auch in dem der höheren Schulen, über Wetterkunde gelehrt zu werden braucht. Der Lehrer — für diesen in erster Linie ist ja das Buch geschrieben — findet darin die hauptsächlichen Apparate erklärt, die Beobachtungsmethoden entwickelt, die graphischen Darstellungen, welche einen integrierenden Bestandteil des Lehrganges ausmachen, an Beispielen erläutert, und er findet im letzten Teile auch Mitteilungen über die Entstehung der Wetterkarte und die Organisation des Wetterdienstes. Die Grundgesetze der Klimatologie werden im Anschluss an die graphischen Darstellungen des Klimas des Beobachtungsortes entwickelt.

Der Anhang enthält die nötigen Tabellen und auch die Normalwerte der meteorologischen Elemente einer grossen Anzahl von deutschen Stationen, ferner eine Übersicht über die vorhandenen Lehrmittel und deren Bezugsquellen.

Somit glauben wir in diesem einen kleinen Buche alles zu bieten, was der Lehrer für den Unterricht braucht.

Mit der Herausgabe des Buches verknüpfen wir die Hoffnung, dass es dazu beitragen möge, durch eine geeignete Behandlung des meteorologischen Lehrstoffes in der Schule die notwendigen wetterkundlichen Kenntnisse im deutschen Volke zu verbreiten. Wir sind uns jedoch darüber klar, dass dieser Lehrgang sich nur Eingang verschaffen kann, wenn er die Billigung der Schulbehörden findet und seine Einführung von ihnen, zunächst versuchsweise, empfohlen wird. Die Unterzeichneten wären dankbar, wenn ihnen Behörden und Lehrer ihre Erfahrungen mitteilen wollten.

Frankfurt a. M., im August 1911.

Die Verfasser.

Vorwort zur 2. und 3. Auflage.

Wenn wir vier Wochen nach der Herausgabe der ersten Auflage bereits zur Vorbereitung einer zweiten Auflage schreiten mussten und die immer noch einlaufenden Bestellungen es notwendig machen, auch gleich noch eine dritte Auflage den übrigen folgen zu lassen, so dürfen wir darin wohl einen Beweis erblicken, dass überall das lebhafteste Interesse für den wetterkundlichen Unterricht besteht und unser Buch einem wirklich vorhandenen Bedürfnis entsprach.

Den Text haben wir einer gründlichen Durchsicht unterzogen und manche dankenswerten Anregungen, die uns von Fachmeteorologen und aus Lehrerkreisen zugegangen sind, berücksichtigt. An den methodischen Grundsätzen und dem vorgeschlagenen Lehrgange etwas zu ändern, hatten wir keine Veranlassung, da irgendwelche Bedenken dagegen nicht erhoben worden sind. Für die freundlichen Zuschriften und günstigen Besprechungen sagen wir unseren ergebensten Dank.

Frankfurt a. M., im Dezember 1911.

Die Verfasser.

Inhalt.

Vierter Teil:

Anhang.

Erster Teil.

Methodik des wetterkundlichen Unterrichts.

1. Abhängigkeit der Menschen vom Wetter.

Solange Menschen auf der Erde wohnen, waren sie abhängig vom Wetter. Besonders sind die Berufe von ihm beeinflusst, deren Betätigung sich im Freien vollzieht: Ehe der Fischer nach seinem Handwerkszeug greift, hält er nach dem Wetter Ausschau. Der Schiffer achtet auf Vorboten des Sturmes. Der Jäger bestimmt seinen Pirschgang nach dem Winde. Der Hirte kann bei anhaltendem Regenwetter nicht auf dem Felde bleiben und muss die schützenden Ställe aufsuchen. Der Landmann ist den Witterungsverhältnissen am meisten preisgegeben; fehlt es seinen Feldern an Sonnenschein und Regen, so steht eine dürftige Ernte bevor. Die Nässe des Herbstes verdirbt, was ein günstiger Sommer gut gemacht hat. In ähnlicher Lage befindet sich der Winzer. Schnell eintretender Frost stört die Ausübung des Baugewerbes.

Die durch die Fortschritte der Kultur bedingten neuzeitlichen Einrichtungen der Menschen sind dem Einflusse des Wetters nicht minder unterworfen: Das Dampfschiff hat heftige Stürme kaum weniger zu fürchten als der Segler. Die Binnenschiffahrt vermag dem Eisgang, Hochwasser und tiefem Wasserstand nicht zu trotzen. Die stärkste Lokomotive wird durch grosse Schneemassen auf offener Strecke festgelegt. Starker Sturm kann Telegraphen- und Telephon-

leitungen zerstören und den Nachrichtendienst unterbinden. Die Luftschiffahrt wird ohne peinliche Berücksichtigung der Wetterlage geradezu zum sträflichen Unternehmen.

Alle diese Verkehrsstörungen bringen gleichzeitige wirtschaftliche Schädigungen mit sich. Frachtgüter, die lange unterwegs sind, sind dem Verderben ausgesetzt. Ist es dem Publikum unmöglich zu reisen, so klagt der Kaufmann bald über schlechten Geschäftsgang. Die Reinigung der Strassen von Schnee und Eis verschlingt im Etat der grossen Städte gewaltige Summen. Ein strenger Winter bringt Arbeitslosigkeit mit sich und belastet die Unterstützungskassen. Der Sportslustige aber heisst ihn willkommen. Er greift nach Rodel und Schneeschuh; mit ihm freuen sich die Inhaber von Lokalen an Wintersportplätzen, und die Geschäftshäuser für Sportartikel und Pelzwaren kommen auf ihre Rechnung.

Unser körperliches und geistiges Befinden ist bis zu einem gewissen Grade ebenfalls dem Wetter unterworfen. In der heissen Jahreszeit bringen die Zeitungen Notizen über Hitzschläge. Der Blitz fordert alljährlich seine Opfer. Nasskalte Witterung häuft die Erkrankungen an Erkältung und Rheumatismus. An schwülen Sommertagen sind wir wenig disponiert zur Arbeit. Regnerisches, unfreundliches Wetter verdirbt leicht die Stimmung, aber ein heiterer, klarer Himmel schafft „frohen und heiteren Sinn".

2. Abhängigkeit der Menschen vom Klima.

Charakteristisch für das Wetter ist der Wechsel. Er mässigt und steigert seine Annehmlichkeiten sowohl wie seine Unannehmlichkeiten. Demgegenüber trägt das Klima eines Ortes den Stempel der Unveränderlichkeit; von ihm haben wir im wesentlichen alljährlich dasselbe zu erwarten.

Das kann nicht ohne weiteres als günstig bezeichnet werden. Es ist hier aber nicht der Ort, dies ausführlich darzulegen. Wir wollen nur hervorheben, dass das Klima den Menschen ebensowohl Schranken zieht wie das Wetter: Die Wärmeverhältnisse sind bekanntlich auf der Erde ausser-

ordentlich verschieden. In den höheren Breiten liegen so niedrige Temperaturen, dass sie schliesslich der Besiedelung durch den Menschen Halt gebieten. In die Gegenden der nördlichen und südlichen Parallelkreise können ihm nur sehr wenige Vertreter der Tierwelt — Pflanzen zuletzt überhaupt nicht mehr — folgen, sodass, wenn er auch den niedrigen Temperaturen gewachsen wäre, er sich dort nicht mehr ernähren könnte.

In niedrigeren Breiten vermag zwar das Klima im allgemeinen die Existenz des Menschen nicht unmöglich zu machen. Allein es hält ihn überall in Abhängigkeit. Es schreibt ihm vor, in welcher Weise er sich vorzugsweise zu ernähren habe, indem es mit die Auswahl der Haustiere und der zu kultivierenden Gewächse bestimmt. Es regelt mit die Beschäftigungsweise der Bewohner eines Landes und zieht der Anspannung der körperlichen und geistigen Kräfte obere Grenzen. Auf gesellschaftliches Leben, Kleidung und Sitten wirkt es in erster Linie bestimmend.

Im grossen und ganzen ist es dem Menschen gelungen, überall die Eigenheiten der klimatischen Verhältnisse bis ins einzelne kennen zu lernen; er kann daher mit ihnen rechnen und sich ihnen anpassen. Mit dieser Abhängigkeit der Erdbewohner vom Klima und deren Anpassung an dieses macht die Schule die Jugend im geographischen Unterricht bekannt; infolgedessen ist schon jetzt leidlich befriedigendes Verständnis für klimatische Fragen vorhanden. Wie steht es aber mit den Kenntnissen vom Wetter?

3. Wetterkundliche Kenntnisse breiter Schichten.

Es ist fast selbstverständlich, dass die Menschen, so lange sie die Erde besiedeln, auch danach strebten, sich durch Vorauserkennen des künftigen Wetters in den Stand zu setzen, seinen äusserst unangenehmen, scheinbaren Zufälligkeiten zu begegnen. Als Resultat solcher Bemühungen findet sich auch heute noch in unserem Volke ein Niederschlag von „Wetterkenntnissen“. Es sind aber teilweise wertlose Überlieferungen der leichtgläubigen Menge, die oft anknüpfen

an das Verhalten der Tiere. Der Laubfrosch nimmt den obersten Rang ein; die Spinnen, die ein Netz bauen, die tanzenden Mücken, die Schwalben, die niedrig oder hoch fliegen, der Rabe, die Schafe kommen in Frage. Auch der Hahn hat wetterprophetische Anlagen. Vielfach verlässt man sich auf den Kalender, der die „Aufzeichnungen des Hundertjährigen" bringt, oder man notiert genau das Wetter der 12 ersten Januartage, die die Witterungsverhältnisse der 12 Monate des kommenden Jahres abbilden sollen.

Ausserdem findet sich aber auch allerorts ein Schatz von Wetterregeln und -zeichen, welche als Ergebnis jahrhundertelanger Erfahrungen von solchen Leuten aufgestellt worden sind, die infolge ihrer Beschäftigung im Freien auf dem richtigen Wege der Beobachtung sich ein Urteil über das kommende Wetter zu bilden suchten. Sie sind lokal durchaus verschieden und tragen den örtlichen Verhältnissen vielfach in feinsinniger Weise Rechnung. So hat jedes Dorf seinen Wetterwinkel; schaut in diesen der Hahn auf dem Kirchturm, so hat man allen Grund, misstrauisch zu werden. In ähnlicher Weise achtet man auf die Art der Bewölkung, auf die Feuchtigkeit der Luft, das Wasserziehen der Sonne, das Morgen- und Abendrot. Die Gewitter werden mehr oder weniger gefürchtet, je nach der Gegend, aus der sie heranziehen. Alle hierüber oft in kurzen Reimen vorhandenen Regeln sind durchaus beachtenswert; leider finden sie sich aber nur auf dem Lande. Die städtische Bevölkerung, die vom Wetter ja auch weniger abhängig ist, verfügt nur selten über einen solchen Schatz.

Obgleich man zugeben muss, dass die zuletzt erwähnten Hilfsmittel für das Vorauserkennen der Wettergestaltung recht wichtig sind, so ist doch zu betonen, dass Wetterzeichen und Bauernregeln nicht ausreichen. Ihre Mängel bestehen darin, dass sie nur örtliche Bedeutung haben, und dass sie Voraussagen nur auf kurze Zeit, meist nur auf einige Stunden zulassen. Das ist ja auch leicht erklärlich, wenn man bedenkt, wie schnell die Witterungserscheinungen vorüberziehen. Das

Wetter, das heute in Frankreich herrscht, ist morgen schon bei uns und übermorgen in Russland. Wie kann man aber an seinem Heimatsort Schlüsse auf die Witterung ziehen, welche viele Hundert Kilometer entfernt ist? — Dies zu wissen ist aber für die Voraussage ausserordentlich wichtig. Will man also mit einiger Sicherheit sich ein Urteil bilden über das künftige Wetter, so muss man zu seinen heimischen Regeln und Zeichen den Wetterbericht über einen grossen Umkreis hinzunehmen. Solche Berichte geben die öffentlichen Wetterdienststellen täglich in Gestalt der Wetterkarte heraus.

Sie erscheint heute schon an vielen Orten Deutschlands und wird in den grösseren Städten an verkehrsreichen Plätzen öffentlich ausgehängt. Ja in manchen Gegenden wird sie noch am selben Tage bis in die entferntesten Landorte verschickt.

Das Interesse an der Wetterkarte entwickelt sich demnach sicherlich in günstigem Sinne. Ob sie aber richtig verstanden wird und den Nutzen gewährt, den sie bringen könnte, ist eine Frage, die leider noch verneint werden muss.

Die Wetterkarte hat zwei Teile, einen textlichen und einen zeichnerischen. Der erstere findet wohl das Interesse des grossen Publikums, da er die Wettervoraussage enthält. Die Zeichnung wird aber oft mit einem flüchtigem Blick abgetan oder gar ignoriert. Das ist aber sehr zu bedauern, weil gerade in dem zeichnerischen Teil der Wetterkarte ihr Hauptwert liegt. Da die amtliche Wetterprognose schon um 11 Uhr früh für den andern Tag aufgestellt werden muss, kann sie die Änderung des Wetters am selben Tage nicht mehr berücksichtigen und trifft infolgedessen bisweilen nicht zu. Wer aber auf Grund der Wetterkarte die ganze Wetterlage erfasst hat, wird unter Berücksichtigung der inzwischen eingetretenen atmosphärischen Vorgänge an seinem Wohnorte im Stande sein, die Fehlprognose als solche zu erkennen und zu korrigieren. Dazu gehören jedoch einige grundlegende Kenntnisse, die dann aber den Laien in Stand

setzen, sich am Abend eine richtigere Prognose aufzustellen, als es dem Fachmeteorologen am Morgen möglich war. Der praktische Wert der Wetterkarte wächst also mit dem Verständnis, das ihr entgegengebracht wird. Einstweilen ist dieses aber noch nicht allgemein vorhanden.

Zur Beseitigung dieses Mangels könnte man sich an die Erwachsenen wenden, indem die öffentlichen Wetterdienststellen geeignete Leute beauftragten, durch Vorträge und Kurse in das Verständnis der Wetterkarte einzuführen. Erfahrungsgemäss lehnt aber der Mensch in reiferen Jahren ihm neue geistige Stoffe von vornherein ab. Den Belehrungen über die Wetterkarte wäre dieses Schicksal sogar wahrscheinlich beschieden, da die Wettervorhersage als Teilgebiet der sehr jungen meteorologischen Wissenschaft in der Allgemeinheit teilweise noch nicht die Achtung geniesst, die ihr gebührt.

Alle diese Schwierigkeiten scheiden aber aus, wenn sich die Schule entschliesst, durch Aufnahme eines wetterkundlichen Unterrichts die Wetterkarte zum Verständnis zu bringen.

4. Soll die Schule Wetterkunde treiben?

Fordert man die Mitarbeit der Schule zur Verbreitung eines ausreichenden Verständnisses der Wetterkarte, so wendet man sich damit sicherlich an den wichtigsten Faktor, der für die Popularisierung der Wetterkunde in Betracht kommt. Doch entsteht sogleich eine äusserst wichtige Frage, von der alles weitere abhängt: Kann die Schule in einer Zeit, in welcher die Klagen wegen Überbürdung des Lehrplanes nicht verstummt sind, neue Stoffe aufnehmen? Die Antwort ist abhängig von einer zweiten Frage, nämlich von der, in welcher Weise man bei Schülern das Verständnis der Wetterkarte anzubahnen gedenkt Erst aus dem beabsichtigten Lehrgang des wetterkundlichen Unterrichts wird ersichtlich werden, welchen Gewinn er bringen kann; ob er nur im Stande ist, dem praktischen Bedürfnis der Allgemeinheit zu dienen, das allein auf das Verständnis der Wetterkarte gerichtet ist, oder ob er darüber hinaus der Schule selbst

wesentliche Vorteile zu gewähren vermag. Nur wenn letzteres der Fall ist, wird seine Einführung in die Schule als berechtigt anzuerkennen sein. Es wird aus den weiteren Darlegungen hervorgehen.

5. Stellung der Wetterkarte.

Es gibt einen wetterkundlichen Unterricht, dem sich die Schule nicht öffnen sollte. Es ist der, der die Wetterkarte als Ausgangspunkt wählt, der sie als gegebenes Ganze an den Anfang stellt. Er beginnt mit geographischen Erläuterungen über das Gebiet, für welches die Wetterkarte berichtet. Alsdann deutet er ihre Zeichensprache und sucht auf die eine oder andere Weise zum Verständnis zu bringen, was der synoptische tägliche Bericht von dem Zusammenwirken der Temperatur, des Luftdrucks, der Winde und der Bewölkung erwarten lässt. Hier steht der Erfolg nicht im Verhältnis zu der aufgewandten Mühe und zu der verschwendeten Zeit. Versuche haben gezeigt, dass ein solches analytisches Verfahren bei jüngeren Schülern zu keinem guten Ergebnis führt, allenfalls zu einem Scheinerfolg. Es ist nicht anders zu erwarten. Wer das Zusammenwirken der Wetterelemente verstehen will, muss deren Einzelverhalten kennen gelernt haben und über die für ihre Änderungen massgebenden physikalischen Gesetze unterrichtet sein. Man darf sich über den alten bewährten Grundsatz „vom Einfachen zum Zusammengesetzten“ nicht hinwegsetzen.

Wir müssen also den Schülern zuerst Gelegenheit geben, sich mit den Wetterelementen, wie Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeit, Niederschläge und Bewölkung zu beschäftigen. Alsdann zeigen wir, wie diese zusammenwirken, und ganz zuletzt wird die Wetterkarte Unterrichtsgegenstand. Mit diesem methodischen Prinzip ergibt sich von selbst eine genauere Zielbestimmung.

6. Zielbestimmung.

Die Wetterkarte muss also zunächst ganz in den Hintergrund gerückt werden; erst gegen Ende des ganzen Lehr-

ganges soll und darf sie auftreten. Einen viel wichtigeren Platz müssen die Übungen einnehmen, die das Verständnis der Wetterkarte vorbereiten: Die Beschäftigung mit den Wetterelementen.

Sollen die Schüler die Vorgänge kennen lernen, die sich in der Luft abspielen, so müssen sie zu deren Beobachtung angehalten werden. Es könnte scheinen, als sei das eine überflüssige Arbeit, da die atmosphärischen Erscheinungen sich ja stets in unserer unmittelbaren Umgebung vollziehen und deshalb den Schülern ganz von selbst bekannt sein müssten. Aber gerade im Gegenteil: Die Witterungsvorgänge sind belastet mit dem Fluch der Alltäglichkeit und werden als etwas Selbstverständliches ohne Nachdenken hingenommen. Kinder wissen in der Tat aus eigener Beobachtung kaum mehr, als dass es manchmal sehr warm und dann wieder sehr kalt ist, dass es hin und wieder regnet, schneit oder hagelt, worauf schliesslich wieder Sonnenschein folgt. Wind, Wolken, Feuchtigkeit und Luftdruck finden wohl überhaupt keine Beachtung. Es wird also unsere erste Aufgabe sein, die Schüler planmässig zum genauen Beobachten dessen anzuhalten, was sich täglich in ihrer Umgebung in der Luft abspielt.

Das tut ihnen nicht allein not in Bezug auf die Witterungselemente; auch Tiere und Pflanzen, und deren Lebensäusserungen werden ebenso häufig von ihnen übersehen. Auch hier wären genaue Beobachtungen draussen im Freien, auf dem Schulhofe und in dessen Umgebung ausserordentlich erwünscht. Die durch die Beobachtung der Wetterelemente geschaffene Gelegenheit wollen wir uns nicht entgehen lassen und auch gleichzeitig eine systematische Beobachtung der Erscheinungen und Vorgänge in der belebten Natur mit in die Wege leiten.

Im Laufe der Zeit werden wir also einen Schatz von Beobachtungsmaterial sammeln, aus dem nunmehr Gesetzmässigkeiten herauszuschälen sind. Wir müssen bemüht sein, aus den Beobachtungen ersichtlich zu machen, wie sich

die Wetterelemente in kürzeren und längeren Zeiträumen verhalten haben, und in welcher Weise sie aufeinander einwirkten. Das heisst die Naturbeobachtung überführen zur denkenden Naturbetrachtung.

Dabei ergeben sich dann auch die wichtigsten Begriffe der Klimalehre, welche im geographischen Schulunterricht bereits gebührende Berücksichtigung findet. Sie hat aber bis jetzt insofern mit erheblichen Schwierigkeiten zu kämpfen, als ihr die feste anschauliche Basis fehlt. Diese vermag ihr der wetterkundliche Unterricht zu verschaffen.

Nachdem diese Arbeiten erledigt sind, sind die Schüler so weit vorbereitet, dass nun die Wetterkarte ohne Bedenken auftreten kann. Deren Verständnis soll den praktischen Abschluss des ganzen Lehrganges bilden.

Zusammenfassend wird sich also das Ziel des wetterkundlichen Schulunterrichts etwa so formulieren lassen:

1. Gewöhnung zur aufmerksamen Beobachtung der Vorgänge in der Luft und in der belebten Natur (Anschauen).
2. Verständnis für die Änderungen der Wetterelemente in kürzeren und längeren Zeiträumen und für ihr Zusammenwirken (Denken).
3. Befähigung zur praktischen Verwertung der Wetterkarte (Anwenden).

Man wird zugeben müssen, dass die Schulwetterkunde, wenn sie sich diese Aufgaben stellt, nicht um ihrer praktischen Bedeutung willen um Aufnahme in die Schule zu betteln braucht. Die Berechtigung eines wetterkundlichen Unterrichtes wird nicht mehr zweifelhaft sein.

7. Wie soll die Schule die Zeit aufbringen?

Man könnte einwerfen, der beabsichtigte Lehrgang in der Wetterkunde werde gewaltige Opfer an Zeit fordern und müsse uns zwingen, anderen Lehrfächern eine erhebliche Zahl von Stunden zu entziehen. Damit würde der Lehrer freilich in Verlegenheit gebracht; denn es wäre kaum zu

sagen, auf welchem Gebiete er das ohne Besorgnis zulassen könnte.

Doch liegt nach dieser Richtung kein Bedenken vor. Wetterkundliche Belehrungen sind ja nichts Neues für die Schule; neu ist nur die geforderte planmässig systematische Form des Lehrganges. Es gibt wohl kaum einen Lehrplan, weder für niedere noch für höhere Schulen, der nicht auch meteorologische Stoffe enthält.

Als Beispiel mag der Frankfurter Lehrplan für Bürgerschulen dienen. Schon der Anschauungsunterricht enthält Wetterthemata. Für das 2. Schuljahr ist vorgeschrieben: „Wind, Wolken, Regen, Schnee, Jahreszeiten", für das 3.: „Erscheinungen in der Luft". Gewiss sind diese Stoffe nicht aus rein materialen Rücksichten herangezogen; sie treten eben im Rahmen des Anschauungsunterrichtes auf.

Auf den weiteren Stufen ist aber die Absicht der wetterkundlichen Belehrung nicht zu verkennen. Die hier einschläglichen Themen aus der Physik sind besonders berücksichtigt. Es kommen zur Behandlung: in Kl. III Kn. „Luftelektrizität und Gewitter", in Kl. II Kn. „Sonne als Hauptwärmequelle, verschiedene Wärme der Tages- und Jahreszeiten wie der Zonen, Thermometer (Maximum- und Minimum-), Ausdehnung der Luft durch Wärme, Luftströmungen, Winde, in Kl. I Kn. „Verdunsten, Spannkraft des Wasserdampfes, Wasserdampf der Atmosphäre, Hygrometer, Nebel, Wolken, Tau, Reif, Regen, Schnee, Hagel".

Während in diesen Lektionen, da sie ja im Physikunterricht auftreten, die Gesetzmässigkeiten in erster Linie stehen, ist bei den Stoffen, welche dem 4. Schuljahr in der Erdkunde zugedacht sind, hauptsächlich die Beobachtung betont. Es wird vorgeschrieben: „Beobachtungen über Wetter, Wärme, Kälte (Thermometer), Wind, Windrichtung, (Wetterfahne, Windrose, Kompass), Beschaffenheit der Luft. Beobachtung des Barometers, Tau, Reif, Nebel, Wolken, Regen, Schnee, Hagel, Gewitter".

Diese Beobachtungen könnten wohl auch den ent-

sprechenden Kapiteln in der Physik nützlich werden. Allein vom 4. bis zum 7. bzw. 8. Schuljahr ist weit, und Schüler vergessen schnell.

Andererseits sollen sie wohl propädeutischen Wert haben für die weiterhin in der Erdkunde mehrfach auftretenden klimatischen Aufgaben, von denen das „Klima Europas" besonders erwähnt ist. Indess muss hervorgehoben werden, dass für ihre Fruchtbarmachung in diesem Sinne, was durch übersichtliche Bearbeitung zu geschehen hätte, Raum nicht vorgesehen ist.

Das ist eine Fülle von Stoffen. Die Zeit, die zu ihrer Erledigung bisher gebraucht wird, kommt dem wetterkundlichen Lehrgang ohne weiteres zu gute. Wird sie ausreichen? Das freilich nicht. Zumal in der ersten Zeit nicht, denn die Beobachtungen beschäftigen uns täglich.

Aber sie verschlingen keine Unterrichtszeit. Nachdem sie in die Wege geleitet sind, werden zwei oder drei Schüler beauftragt, eine Zeitlang, etwa 10 bis 14 Tage, den Wetterdienst zu versehen. Dann übertragen sie ihre Pflichten samt ihren Kenntnissen und Geschicklichkeiten auf ihre Ablöser. Die tägliche Beschäftigungszeit der Wetterdiensttuer beträgt etwa $^1/_4$ Stunde, da es genügt, wenn wir einmal am Tage beobachten. Und diese Viertelstunde nehmen die Schüler gerne von ihrer Freizeit, etwa nach Schluss des Unterrichtes um 12 Uhr, oder in der entsprechenden Pause.

Die später einsetzenden Bearbeitungen der Übersichten über verflossene Perioden beschäftigen freilich die ganze Klasse gleichzeitig. Ebenso sind weiterhin Stunden nötig für die Erörterungen über das Zusammenwirken der Wetterelemente, für die Einführung der Wetterkarte und die an sie angeschlossenen Übungen. Diese müssen die Physik und die Erdkunde, teilweise auch der biologische Unterricht entbehren. Sie geben sie ab je nach Bedarf.

Aber die betreffenden Fächer werden dabei nichts verlieren. Die Physik wird entschädigt einmal

durch Entlastung von allen Stoffen, die mit der Wetterkunde zusammenhängen, sodann durch häufige Anwendung vieler ihrer Gesetze. Die Erdkunde geniesst den Vorteil der gründlichen Vorbereitung ihrer klimatologischen Fragen. Dem biologischen Unterricht wird ein reiches Anschauungsmaterial zugeführt. Es darf demnach wohl behauptet werden, dass jeder Lehrer die von der Wetterkunde beanspruchte Zeit mit gutem Gewissen aufbringen kann.

Ausserdem wird man an Zeit sparen, wenn man den Lehrgang nicht allzu früh beginnen lässt. Es wird sich empfehlen, im 5. Schuljahre anzufangen, aber auch nicht später.

Unser Beobachtungsmaterial kommt dann noch rechtzeitig für die in der 3. Klasse beginnende Physik und für die Klimatologie der ausserdeutschen Länder, die ebenfalls im 6. Schuljahre auftritt.

Andererseits reicht die Zeit bis zum 8. Volksschuljahre dann vollständig aus, um ein Verständnis der Wetterkarte zu erzielen. Die Zeiteinteilung wird sich demnach etwa so gestalten:

1. Beobachtung der Vorgänge in der Luft und in der belebten Natur: 5. bis 8. Schuljahr = 4 Jahre.
2. Verarbeitung der Beobachtungsresultate: 6. bis 8. Schuljahr = 3 Jahre.
3. Die Wetterkarte mit angeschlossenen Übungen: 7. bis 8. Schuljahr = 2 Jahre.

Aus dem für Volksschulen Ausgeführten lässt sich wohl leicht ableiten, wie in Mittelschulen und höheren Schulen die Wetterkunde in den Lehrplan eingeführt werden kann.

8. Die Lehrmittel für die Beobachtungen und ihr Gebrauch.

Zu den Beobachtungen der Wetterelemente sind Instrumente nötig. In Landschulen kann deren Beschaffung hin und wieder Schwierigkeiten begegnen. Gewiss sind die Landbewohner in allererster Linie an einer gediegenen Kenntnis des Wetterverlaufes interessiert, aber es hält oft

schwer, sie zu überzeugen. In solchen Fällen wird vorher der Wert der Wetterkarte in geeigneter Weise nachgewiesen werden müssen.

Übrigens bedarf es zur Beschaffung der unbedingt notwendigen Apparate nicht erheblicher Mittel. Bei einigermassen günstigen Verhältnissen werden sie bald zu erlangen sein. Ein Teil der Instrumente ist ohnehin in jeder Schule vorhanden. Ein Thermometer, ein Hygrometer wird sich überall finden. Eine Windfahne ist in der Regel in der Nähe; wenn nicht, vielleicht ein rauchender Schornstein. Es bleiben dann zu beschaffen: ein Barometer, ein Maximal- und Minimalthermometer und ein Regenmesser. Ein gutes Quecksilberbarometer ist für billigen Preis nicht zu haben. Doch leistet das Aneroidbarometer für unsere Zwecke dieselben Dienste. Im übrigen sei auf das Verzeichnis der in Betracht kommenden Lehrmittel am Schlusse hingewiesen. Dort finden sich genauere Angaben.

Sind wir vollständig ausgerüstet, so kommt es nur darauf an, dass unsere Hilfsmittel recht gebraucht werden. Das ist leicht und für die Schüler doch schwer, da es auf Genauigkeit und Gewissenhaftigkeit ankommt, obgleich wir auf wissenschaftlich einwandfreie Zahlen keinen Wert zu legen brauchen. Um brauchbare Beobachtungsresultate zu gewinnen, bedarf es, wie jeder weiss, der mit Kindern umgeht, häufiger Kontrolle. Was sie heute verstanden haben, ist ihnen unter Umständen morgen schon wieder unklar. Die Erläuterungen über das Ablesen an den Instrumenten, die wir vor Beginn der Beobachtungen geben müssen, werden wir ihnen öfter wiederholen müssen. Zur völligen Sicherheit bringen sie es erst nach einiger Zeit.

Zur Erzielung einer genauen Beobachtung wird wesentlich beitragen, dass die Schüler eintragen müssen, was sie gesehen haben; für das, was sie niederschreiben müssen, fühlen sie sich in höherem Grade verantwortlich. Doch abgesehen davon, müssen wir die Beobachtungsresultate auch schon deshalb festhalten, weil wir sie später gebrauchen.

Wir haben also ein Formular nötig, für welches am Schlusse des Buches mit Beobachtungen ausgefüllte Schemen beigegeben sind. Es muss alle Punkte enthalten, die uns wichtig sind. Es werden auf ihm alle Wetterelemente vorkommen müssen, ferner die Vertreter der belebten Natur, Tiere und Pflanzen.

9. Wert biologischer Beobachtungen.

Der biologische Unterricht kann sich sehr wenig Erfolg versprechen, wenn er sich allein verlässt auf Herbarien, auf Sammlungen ausgestopfter Tiere und morphologische Präparate aller Art; er braucht Zeichen des Lebens und nicht Zeugen des Todes. Über das Leben und seine Bedingungen muss er beim Leben selbst anfragen; er muss die Schüler veranlassen zu Beobachtungen in der Natur.

Deren Wert hängt wesentlich davon ab, wie man sie veranstaltet. Es nützt wenig, wenn man nur hin und wieder die Schüler zum Sehen ermahnt, nur gelegentlich mit ihnen einmal in den Schulgarten geht. Viel mehr Erfolg bringen systematische Beobachtungen auf Grund bestimmter Aufgaben.

Als besonders zweckmässig empfehlen sich aber biologische Beobachtungen in Verbindung mit der Wetterkunde. Es gereicht ihnen zum Vorteil, dass die allermeisten physikalischen Erscheinungen, welche das Pflanzen- und Tierleben beeinflussen, solche sind, die in das Gebiet der Meteorologie und Klimalehre fallen. Eine grosse Zahl biologischer Tatsachen hängt mit den täglichen Witterungseinflüssen direkt zusammen; viele festliegende periodische Erscheinungen im Pflanzen- und Tierleben gehen parallel mit klimatischen Schwankungen. Beobachten wir diese Fälle gleichzeitig mit den Wettererscheinungen, so sind wir in der günstigen Lage, physikalische Ursache und deren Wirkung auf die Lebewesen nebeneinander betrachten zu können.

Und noch ein anderes! Solche biologischen Beobachtungen schlafen nicht ein; sie können nicht vergessen werden. Dafür garantiert die tägliche Gelegenheit, welche den Schüler zwingt, seine Augen zu öffnen und selbst hinzusehen. Das

scheinen zur Rechtfertigung der Rubriken „Pflanzen“ und „Tiere“ der Gründe genug zu sein.

10. Graphische Darstellungen.

Dass wir alle unsere Beobachtungsresultate schriftlich niederlegen, hat nicht nur den Zweck, sie wichtig erscheinen zu lassen, Interesse und Gewissenhaftigkeit der Schüler günstig zu beeinflussen, sondern auch einen rein praktischen. Es geschieht hauptsächlich deshalb, weil wir an ihnen noch viel lernen wollen. Ihre Verarbeitung soll das Verständnis der Wetterkarte vorbereiten, soll Einblick gewähren in die klimatischen Verhältnisse des Heimatsortes, wichtige klimatische Begriffe vermitteln und die Abhängigkeit der belebten Natur von Wetter und Klima verdeutlichen helfen.

Für diese Zwecke ist die isolierte Beobachtung an einem Tage wenig wertvoll. Dass uns ein Tag vom Wetter überhaupt nur wenig sagen kann, dass wir es vielmehr stets mit kleineren und grösseren Perioden zu tun haben, wissen unsere Schüler schon von selbst. Wollen wir ein wirkliches Bild von den Witterungsverhältnissen bekommen, so müssen wir auf einen soeben hinter uns liegenden Zeitraum zurückblicken. Als solcher ist der Monat am geeignetsten. Haben wir also längere Zeit täglich beobachtet und eingetragen, so werden wir uns einen Monat herausgreifen, vielleicht den letzten, und an ihm den ersten Rückblick versuchen.

Ein solcher Rückblick muss leicht aufzufassen sein, muss das Verhalten der Witterungselemente in der verflossenen Zeit anschaulich darstellen. Es gibt dazu kein besseres Verfahren als das der graphischen Darstellung. Wir wollen uns darum derselben bedienen.

Hier wird vielleicht mancher Leser stutzen und durch den Gedanken an Ordinaten und Abscissen sich veranlasst fühlen, die Ausführbarkeit der graphischen Veranschaulichung mit seinen Schülern zu bezweifeln. Allein dieses Bedenken ist nicht gerechtfertigt. Mit der Mathematik haben wir hier

garnichts zu tun. Das Verfahren ist äusserst einfach; der Lehrer braucht sich mit seinen Schülern nur zeichnerisch zu verabreden, und dann gelingt alles aufs beste.

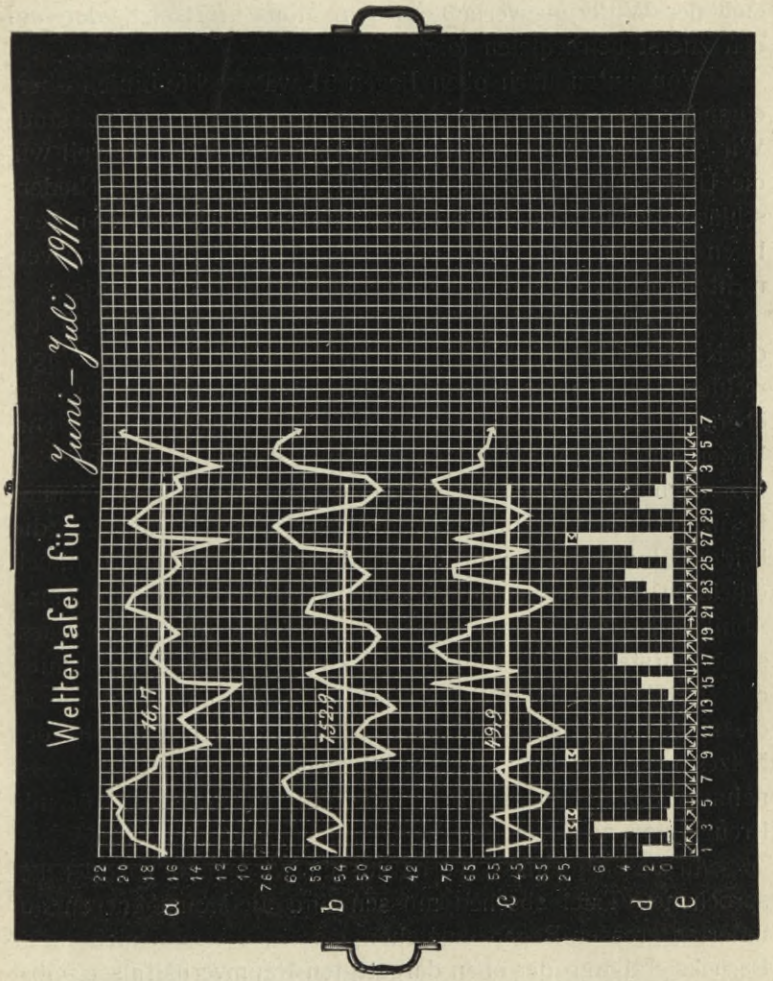
Er sollte sich aber über die Gelegenheit, zeigen zu können, wie die Kurven entstehen, freuen. Sie werden im praktischen Leben immer mehr angewandt, und es gibt wenig Zeitungen von Bedeutung, welche sie nicht hin und wieder benutzen, um in knapper und klarer Form statistische Vergleiche zu geben. Gemeinnützige Vereine und Gesellschaften verwenden sie, um zu zeigen, in welcher Weise sich das Interesse an ihren Veranstaltungen entwickelte. Kommunale Behörden veranschaulichen in graphischer Darstellung das Wachsen bezw. Abnehmen ihrer Bevölkerungsziffern, Steuererträge, finanziellen Belastungen u. dgl. Man kann wohl sagen, dass Kurven heute ein so beliebtes und so viel verwandtes Darstellungsmittel sind, dass es jeder Mensch als Bildungsmangel empfinden muss, wenn sie ihm fremd sind. Es ist darum wünschenswert, dass auch den aus der Volksschule hervorgehenden Bevölkerungsschichten diese Methode der Veranschaulichung nicht fremd bleibt.

Für unsere graphischen Darstellungen kommen Luftdruck, Temperatur und Niederschläge (evtl. auch die relative Feuchtigkeit) in Betracht. Ihre Kurven müssen, um leicht vergleichbar zu werden, dicht nebeneinander gelegt werden. Wie das vorteilhaft unter Vermeidung von Raumschwierigkeiten geschehen kann, bedarf sorgfältiger Überlegung.

Die gewöhnlichen Schultafeln reichen hier nicht aus. Eine geeignete Tafel, die unseren Zwecken völlig entspricht, ist von der Schultafelfabrik Stein Nachfolger zu Frankfurt a. M. hergestellt worden.

Ihre Masse können auch, wenn die Beschaffung der Tafel an der Kostenfrage scheitern sollte, auf Linoleum übertragen werden oder auf starke Pappe mit Schreibfläche.

Das Tafelnetz zeigt in wagerechter Richtung 63 senkrechte Linien in einem Abstand von je 2 cm (s. Fig. 1). Jeder Zwischenraum zwischen 2 Linien ist für einen Tag bestimmt, sodass



Figur 1.

Vorderseite der Wettertafel von Stein Nachf.-Frankfurt a. M.

wir zwei Monatsübersichten nebeneinanderlegen können. Das hat den Vorteil, dass man dann noch beobachten kann, wie sich der Witterungsverlauf in dem Monat fortsetzt, der auf den zuerst betrachteten folgt.

Von unten nach oben liegen 51 wagerechte Linien übereinander, die gleichfalls 2 cm voneinander entfernt sind. Wir brauchen in senkrechter Richtung so viel Raum, weil wir die Übersichten über den monatlichen Verlauf der Niederschläge, des Luftdrucks und der Temperatur übereinanderlegen müssen, und zwar so, dass sich möglichst die Kurven nicht kreuzen, da sonst die Übersichtlichkeit stark leidet.

Ein für allemal stellen wir in dem unteren Teil der Tafel die Niederschläge dar. Der senkrechte Abstand zweier Wagerechten soll immer 1 mm Niederschlag bedeuten. In den obersten Teil der Tafel kommt die Kurve der Temperatur. Die Entfernung der Wagerechten bedeutet hier 1 Grad, bei der nun darunter folgenden Luftdruckkurve bezeichnet sie 1 mm. Kreuzen sich bei dieser Anordnung der Übersichten die beiden Linien des Luftdrucks und der Temperatur dennoch erheblich, was immerhin vorkommen könnte, so kann man Abhilfe schaffen, indem man den Luftdruck im halben Massstabe darstellt. Die Entfernung zweier wagerechten Linien entspricht dann 2 mm Druck. (s. Fig. 1) Da man aber immer die Möglichkeit hat, die Kurven in jeder beliebigen Höhe des Netzes beginnen zu lassen, so werden auch ohne diese Massnahmen bei halbwegs normalem Witterungsverlauf störende Kreuzungen zu vermeiden sein.

In bescheideneren Verhältnissen wird man von der besprochenen Tafel absehen müssen und die Monatskurven auf linierten grossen Bogen entstehen lassen, die man sich unter Berücksichtigung der oben dargelegten Raumverhältnisse selbst anfertigen kann. Man verwendet dann vorteilhaft für jeden Monat einen Bogen. Solche Bogen (s. Fig. 32 u. 33) sind auch bei der Firma Schleicher & Schüll in Düren erschienen und zu geringen Preisen zu haben.

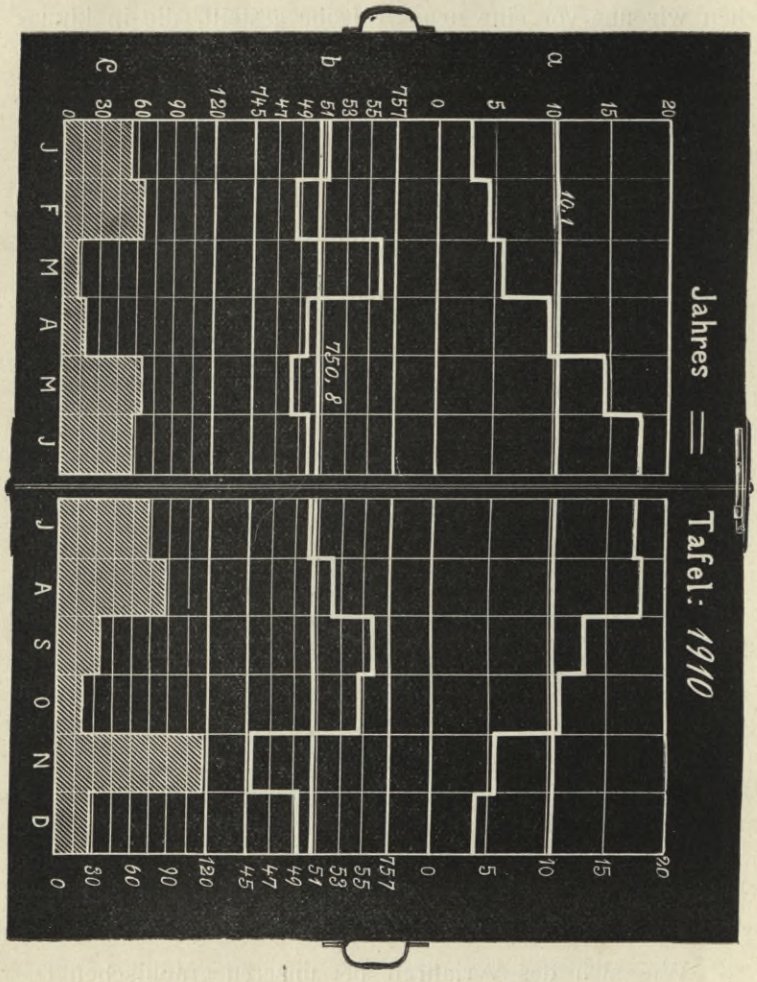
Nach und nach werden wir auf unserer Tafel oder auf

linierten Bogen die Beobachtungen aus den 12 Monaten des Jahres verarbeiten. Sind sie alle an uns vorübergegangen, so sehen wir uns vor eine neue Aufgabe gestellt, die in klimatologischer Hinsicht von der allergrössten Wichtigkeit ist; wir entwerfen Kurven über das Verhalten der Temperatur, des Luftdrucks und der Niederschläge, evtl. auch der relativen und absoluten Feuchtigkeit, während des ganzen Jahres.

Hierzu dient die Rückseite der Wettertafel (Fig. 2) auf der wir ein geeignetes Netz finden. Dieses ist dreiteilig; seine Abmessungen entsprechen unseren Zwecken, bieten den Schwankungen der einzelnen Wetterelemente genügend Spielraum und ermöglichen gutes Sehen noch von den letzten Plätzen eines grösseren Klassenraumes. Die zwölf senkrecht durchgehenden Felder sind für die zwölf einzelnen Monate des Jahres bestimmt. Der obere Teil des Netzes ist vorgesehen für die Jahreskurve der Temperatur, im mittleren soll der Gang des Luftdrucks dargestellt werden, und im unteren tragen wir die Niederschlagssummen der Monate ein; vielleicht auch noch den Jahresverlauf der relativen und absoluten Feuchtigkeit. Mit letzterer kann man sich jedoch nur bei besonders günstigen Verhältnissen befassen.

Die Jahreskurven können auch auf grossen Bogen dargestellt werden (siehe Fig. 34). Solche müssen dann vorher mit einem geeigneten Netz versehen sein. Auf solchen Bogen werden aber die Dimensionen weit geringer sein als auf der Wettertafel; das ist bei der Verarbeitung der Kurven mit einer ganzen Klasse wenig günstig. Dennoch sind solche Netzbogen, wie sie bei Schleicher & Schüll in Düren erscheinen, recht gut geeignet für unseren Zweck.

Wie sich das Verfahren bei unseren graphischen Darstellungen praktisch gestaltet, werden wir später sowohl für die Monatsübersichten wie für die Jahreskurven zeigen. Doch sei hinsichtlich der letzteren hier gleich eine prinzipielle Frage erörtert: Man könnte hier genau so verfahren, wie bei den Rückblicken auf die einzelnen Monate; so wie wir beabsichtigen,



Figur 2.

Rückseite der Wettertafel von Stein Nachf.-Frankfurt a. M.

dort die Quecksilberhöhen für die Mitteltemperaturen der einzelnen Tage auf die Ordinaten zu setzen, so könnten wir es hier mit denen für die Monatsmittel tun. Allein die dadurch entstehende Kurve wird wenig ausdrucksvoll, sie wirkt für Schüler zu wenig plastisch; es fehlt ihr die unmittelbare Anschaulichkeit. Deshalb ist ein anderes Verfahren mehr zu empfehlen, das darin besteht, dass man die Monatsmittelwerte als gerade Linien quer durch die entsprechenden Felder legt. Wir erhalten auf diese Weise keine Kurve, sondern eine stufenartige Linie (siehe Fig. 2).

11. Die graphischen Darstellungen als Übergang für das Verständnis der Wetterkarte.

Wenn wir die Monats- und Jahreskurven nun weiterhin zum Gegenstande systematischer Besprechungen machen, so wird sich zeigen, dass wir gerade aus ihnen eine Summe von Tatsachen herausholen können, die für unseren wetterkundlichen Lehrgang sehr bedeutsam werden.

Die Vorteile, die diese Besprechungen zunächst für die Klimakunde bringen, sind offensichtlich. Das Klima unseres Heimatsortes kommt in unseren Jahreskurven zum Ausdruck. Wir erfahren z. B. durch die Linie für den Temperaturverlauf, wie die Lufttemperatur in der ersten Hälfte des Jahres zunimmt und in der zweiten wieder zurücksinkt. Aus ihr ersehen wir die Anordnung und die Wärmeverhältnisse der verschiedenen Jahreszeiten. Mit ihrer Hilfe berechnen wir Jahres- und Jahreszeitenmittel. Aus dem Jahresgang der Niederschläge lernen wir deren Verteilung auf die einzelnen Monate kennen. Aus allen Monatssummen der Niederschläge finden wir die jährliche Niederschlagsmenge unseres Heimatsortes. Luftdruck, Feuchtigkeit, Bewölkung und Winde können in ähnlicher Weise untersucht werden.

Während also die Besprechung unserer Jahreskurven uns mitten in die Klimakunde hineinführt, wollen wir durch die Betrachtung des monatlichen Verlaufes der Wetterelemente (Monatskurven) die Schwierigkeiten aus dem Wege

räumen, die sich dem Verständnis der Wetterkarte in den Weg stellen.

Diese Schwierigkeiten sind nicht, wie es scheinen könnte, äusserlicher Art. Was die Isobaren bedeuten, dass die befiederten Pfeile Windrichtung und -stärke bezeichnen, dass die ganze und teilweise Ausfüllung der Stationskreise sich auf die Bewölkung bezieht, mit solchen und ähnlichen Dingen können sich Volksschüler der Oberklassen sowohl wie Erwachsene in aller Kürze vertraut machen.

Die Schwierigkeit der Wetterkarte liegt tiefer und besteht darin, dass man aus ihr herauslesen soll, welches Wetter in den nächsten 24 Stunden zu erwarten ist. Man muss also imstande sein, aus der Wetterkarte zu ersehen, wie sich die Wetterelemente in der Gegend eines Wohnortes ändern werden, oder ob Änderungen überhaupt wahrscheinlich sind. Wird sich der Himmel stärker bedecken, oder ist Aufklären zu erwarten? Werden Niederschläge fallen? Ist mit Auffrischen oder Abflauen der Winde zu rechnen? Wird die Temperatur steigen oder fallen? Werden Nachtfröste eintreten? Solche und ähnliche Fragen soll sich jedermann aufgrund der Wetterkarte (unabhängig von deren Prognose) selbständig beantworten.

Und das ist möglich, wenn zwei Voraussetzungen erfüllt sind: Zum ersten muss man wissen, wie sich die Tief- und Hochdruckgebiete bis morgen verlagern werden. Dazu lernen wir eine Reihe von Anzeigen und Regeln kennen. Zum anderen aber muss man wissen, welche Folgen die Verlagerung der Tief- und Hochdruckgebiete in bezug auf die anderen meteorologischen Elemente nach sich ziehen wird.

Zeigt beispielweise die Wetterkarte im Winter, dass die Temperatur in Nordwestdeutschland innerhalb der letzten 24 Stunden erheblich gestiegen ist, so muss ich damit rechnen, dass sich dorthin am nächsten Tage das Tiefdruckgebiet wenden wird, und dass dann in Mittel- und Süddeutschland der Wind nach Süden und Südwesten umgehen muss. Infolge-

dessen erwarte ich, dass auch dort die Temperatur steigt. Ich nehme dann ferner an, dass der Wind nach Westen weiterdrehen wird, und mache mich gefasst auf zunehmende Bewölkung und schliesslich Niederschläge. Man sieht hier, worauf es ankommt. Wer die Wetterkarte recht verstehen will, der muss wissen, in welcher Weise die verschiedenen Wetterelemente zusammenhängen, wie sie sich gegenseitig beeinflussen. Darin liegen die Schwierigkeiten für das Verständnis der Wetterkarte, die besonders deshalb so bedeutende sind, weil jedes der Wetterelemente als Ursache für Veränderungen der anderen auftreten kann, und weil jede Änderung hinfort wieder Ursache für neue Änderungen zu werden vermag.

Die Wetterelemente sind in ihrer Gesamtheit vielleicht zu vergleichen mit den Rädern einer sehr empfindlichen Maschine, die durch komplizierte Übertragungen aufeinander wirken und so miteinander verbunden sind, dass keines von den anderen irgendwie unabhängig sein kann. Eine Änderung ihrer Stellung zueinander kann dann von jedem einzelnen Rade ausgehen, und da alle Räder verschieden sind, muss die Art der Änderung immer wieder eine andere sein, wenn sie durch ein anderes Rad bewirkt wird.

Solche komplizierten Beziehungen übersieht man nicht ohne weiteres, und darum ist das Verständnis der Wetterkarte nicht schon von selbst vorhanden, wenn man sie zum ersten Male in die Hand nimmt. Über die gegenseitige Beeinflussung der Wetterelemente sind Vorkenntnisse notwendig.

Die in Betracht kommenden Tatsachen sollen unsere Schüler nun aus den Besprechungen an den Monatsübersichten lernen. Zu dem Zwecke legen wir die Kurven für die Temperatur und den Luftdruck und die Übersicht über die Niederschläge, wie früher erwähnt, nebeneinander. Da auch die Winde und die Bewölkung recht wichtige Wetterelemente sind, empfiehlt es sich vielleicht, auch diese noch für alle Tage des Monats in die entsprechenden Netzquadrate einzusetzen, wobei man

die Windrichtung und -stärke durch angefiederte Pfeile, die Bewölkung durch Zahlen oder entsprechend ausgefüllte Quadrate bezeichnet (s. Fig. 1, 32 u. 33).

Aus einer der Kurven greifen wir nun einen beliebigen, uns zweckmässig erscheinenden Tag heraus, etwa aus der Luftdruckkurve zuerst; wir sehen nun in diesem Falle zu, ob das Barometer in den folgenden Tagen stieg oder fiel. Dann achten wir darauf, was in der gleichen Zeit das Thermometer machte, wie sich die Bewölkung und die Winde änderten und ob Niederschläge einsetzten. Auf diese Weise kommen wir bald zu allgemeinen kleinen Sätzchen, wie etwa zu den folgenden: Es regnet gewöhnlich nur an den Tagen mit tiefstem Barometerstande. — Wenn die Temperatur sinkt, steigt das Barometer. — Wenn das Barometer sinkt, nimmt die Bewölkung in der Regel zu. — Ehe die Niederschläge einsetzen, dreht der Wind meist über S nach W u. s. w. Das sind nur einzelne Beispiele. Wie man solche Sätzchen gewinnt, wird auch praktisch gezeigt werden im 3. Teil dieses Buches.

Allmählich kommen so die Schüler in den Besitz eines kleinen Fonds von Wetterkenntnissen. Auf deren inneren Zusammenhang kommt es einstweilen noch nicht an. Darum ist es garnicht nötig, sich beim Ableiten der Sätzchen auf längere Erklärungen einzulassen, wenn auch naheliegende Beziehungen gestreift werden mögen. Zu Erklärungen ist ja später reichlich Gelegenheit, wenn die Theorie der Hoch- und Tiefdruckgebiete erörtert wird. Hier kommt es nur darauf an, dass die Schüler an ihren Kurven sehen, es ist so und nicht anders.

Werden die Schüler in dieser Weise eingeführt in die Kenntnis des Zusammenhanges der Wetterelemente, so wird ihnen später die Wetterkarte Schwierigkeiten nicht mehr bereiten, sie wird ihnen vielmehr nur die längst bekannten allgemeinen Sätze bestätigen und erklären. Sie wird keine Verhältnisse bieten können, die wesentlich abweichen von denen, die uns in unseren Kurven begegneten.

12. Der unterrichtliche Gebrauch der Wetterkarte.

Hat man den Übungen an Monatskurven 1 bis 2 Jahre hindurch jeden Monat etwa 1 bis 2 Stunden gewidmet, so bietet man den Schülern die Wetterkarte selbst dar. Man beginnt mit ihrer äusserlichen Erklärung, damit die Schüler ihre Zeichensprache verstehen lernen.

Dabei gewinnt man bald den Eindruck, dass auf der Wetterkarte die Luftdruckverhältnisse die Hauptrolle spielen. Der Lehrer sieht sich dadurch veranlasst, die barometrischen Maxima und Minima einmal gründlich durchzunehmen, indem er in 6 bis 8 Stunden die Theorie der Hoch- und Tiefdruckgebiete im Zusammenhang behandelt (siehe Teil IV d. Buches).

Dabei kommt das, was die Schüler früher an den Kurven gelernt haben, zur Wiederholung. Tatsachen, die für die tägliche Prognose von besonderer Wichtigkeit sind, werden noch einmal unterstrichen, bezw. erweitert. Vor allem bietet sich aber nun die Gelegenheit, für das Tatsachenmaterial, das früher nur als solches hingenommen wurde, dem Schüler die inneren Zusammenhänge aufzuweisen, es seinem Verständnis näher zu bringen.

Erst wenn diese Arbeit erledigt ist, darf man erwarten, dass die Schüler die Wetterkarte genügend verstehen, um einsehen zu können, wie man zu der betreffenden Prognose kommen musste. Um sie immer mehr mit ihr vertraut zu machen, nimmt der Lehrer, so oft geeignete Zeit zur Verfügung steht, die zuletzt erschienene Wetterkarte vor und lässt sie durch die Schüler erklären. Dazu sind zunächst bestimmte Aufgaben nötig, wie etwa die folgenden: Sprich dich aus über die Luftdruckverteilung! Schildere die Temperaturverhältnisse, die Bewölkung, die Anordnung der Winde und die gefallenen Niederschläge nach den Angaben der Wetterkarte! Wie hat sich der Luftdruck an unserem Heimatsorte seit gestern geändert, und wie wird er sich voraussichtlich weiter ändern? Welche Winde haben wir zu erwarten? u. s. w.

Wenn auch von Fall zu Fall die eine oder andere Frage wichtiger sein kann, so tut man doch gut, eine gewisse

Ordnung beim Erklären der Wetterkarte innezuhalten. Sind die Schüler mehr geübt, so werden die Einzelaufgaben nicht mehr nötig sein. Fähige Schüler müssen dann imstande sein, über die Einzelwetterkarte einen kleinen Vortrag zu halten.

Es wird nun nicht ratsam sein, sich mit der Besprechung der einzelnen Wetterkarte zufrieden zu geben. Man kann sich Gelegenheiten zu interessanten Unterredungen verschaffen, wenn man mehrere aufeinanderfolgende Wetterkarten zu je einer Serie zusammenstellt, an Hand deren man das Wetter einer längeren einheitlichen Periode betrachtet. Beim Durchmustern von Wetterkarten findet man bald, dass es ein leichtes ist, charakteristische Serien für ganz verschiedene Wetterlagen zu finden. Das einer solchen Reihe entsprechende Wetter bezeichnet man vorteilhaft mit einem kurzen Schlagwort, wie beispielsweise „Frostperiode im Winter", „Kälterückfall", „Altweibersommer", „Aprilwetter", „Sommerliche Hitze" und dergleichen mehr.

Es wird sich auch empfehlen, Serien zu bilden, in deren Mitte falsche Prognosen stehen. Die Aufgabe lautet dann, aus den der nichtzutreffenden Prognose vorausgehenden Karten zu zeigen, wieso die damals getroffene Entscheidung der Wetterdienststelle zustande kam. Die ihr folgenden Karten werden die unvermuteten Änderungen klarlegen, die das Wetter in der unerwarteten Weise beeinflussten.

Sollen die Schüler zuletzt versuchen, auf Grund einer ihnen vorgelegten Wetterkarte selbst eine Prognose aufzustellen?

Die Wettervoraussage ist so schwierig, dass man sich nicht leicht dafür entscheiden kann, sie selbst von reiferen Schülern zu verlangen, und sie braucht ihnen nicht zugemutet zu werden, weil in der Praxis mit der Wetterkarte auch stets die Prognose verbunden ist.

Andererseits muss gesagt werden, dass sich bei den prognostischen Schülerübungen aber auch immer Gelegenheit bieten wird, darauf hinzuweisen, welche Schwierigkeiten die Wetterprognose bereitet, was der Achtung der wissenschaftlichen Meteorologie in der Öffentlichkeit nützlich sein kann.

Dankbarer, weil etwas weniger schwer, sind Wetterergänzungen, die man veranlassen kann durch die Aufforderung, die zwischen zwei vorgelegten Karten fehlende selbst im allgemeinen anzugeben. Darin steckt auch schon das für die Wetterkunde so wichtige Vorausschauen.

13. Die Bedeutung des wetterkundlichen Lehrgangs für den geographischen Unterricht.

Das Verhältnis der Klimakunde zu den Jahreskurven für die Wetterelemente wurde oben bereits gekennzeichnet. Es bleibt uns übrig, im Zusammenhang zu zeigen, welche Vorteile unser wetterkundlicher Lehrgang überhaupt der Klimakunde und damit dem geographischen Unterricht zu gewähren vermag.

Das Klima eines Landes entsteht durch das Zusammenwirken der klimatischen Elemente mit den klimatischen Faktoren in längerer Zeit (Köppen). Jene decken sich mit den meteorologischen Elementen, diese sind die äusseren Bedingungen, unter denen die Wetterelemente an irgend einem Orte stehen. Als solche kommen vorwiegend in Betracht die Höhe eines Gebietes, seine geographische Breite, die Beschaffenheit des Bodens, die Lage zu grossen Wasseransammlungen, Gebirgen u. dergl.

Diese klimatischen Faktoren hat der geographische Unterricht bisher gründlich kennen gelehrt. Dagegen sind die Schüler bis jetzt sehr wenig vertraut mit dem Verhalten der klimatischen Elemente.

Infolgedessen entstehen in der Klimakunde erfahrungsgemäss leicht begriffliche Schwierigkeiten.

Wie soll ein Schüler wissen, was das Temperaturmittel des Jahres für seinen Heimatsort bedeutet, wenn ihm nicht klar ist, wie es entsteht; und was soll er dann mit der Isothermenkarte in seinem Atlas anfangen!

Unsere täglichen Beobachtungen des Wetters lieferten das Material für unsere Kurven, und mit deren Besprechung

geht die Bildung klarer klimatologischer Begriffe Hand in Hand, wie oben gezeigt wurde. Die Bildung der klimatischen Grundbegriffe ist demnach das Erste, was der Unterricht in der Geographie unserem wetterkundlichen Lehrgang, insbesondere den Kurvenbesprechungen, zu danken hat.

Eine andere Schwierigkeit des geographischen Unterrichts besteht darin, dass er von dem Schüler verlangt, sich auf Worte, Anschauungsbilder und Karten hin in fremde Länder zu versetzen und sich die dortigen Verhältnisse richtig vorzustellen. Das ist ihm nur dann möglich, wenn er für alle Fälle einen Schatz von verwandten Vorstellungen aus seiner Heimat bereit hat. Je mehr er deren mitbringt, und je klarer und deutlicher sie sind, desto lebhafter und frischer kann er sich beteiligen an der Betrachtung entlegener Gegenden, die er noch nie sah.

Soweit es sich in der Geographie handelt um das Klima fremder Landschaften, hängt also das gute Gelingen des Unterrichtes davon ab, ob der Schüler hinreichend vertraut ist mit den klimatischen Verhältnissen seiner Heimat. Man darf wohl sagen, dass dies bisher oft nicht der Fall ist. Im allgemeinen haben die Schüler wohl von dem Klima ihres Heimatsortes eine Vorstellung. Sobald sie aber bestimmte Fragen, womöglich solche nach Zahlen beantworten sollen, versagen sie. Es fehlen ihnen also vielfach Anschauungen und Vorstellungen, mit denen sie im geographischen Unterricht arbeiten sollen.

Wenn nun unser wetterkundlicher Lehrgang die Schüler planmässig und gründlich mit ihrem heimatlichen Klima vertraut macht, so bedeutet das zugunsten des geographischen Unterrichtes ein Herbeischaffen von Voraussetzungen, auf Grund deren die Schüler imstande sind, sich in das Klima und die durch dieses bedingten Besiedelungsverhältnisse eines fremden Landes mit Interesse hineinzudenken. Ein Beispiel mag dies verdeutlichen:

Es handle sich darum, im geographischen Unterricht das Klima und die Beschäftigung der Bewohner in einem

Teile des rheinischen Schiefergebirges, etwa auf dem Westerwalde, zum Verständnis zu bringen. Schüler, die bis dahin das Wetter ihres Heimatsortes selbst beobachtet, Monats- und Jahreskurven betrachtet haben und die Wetterkarte schon zu lesen verstehen, können dazu folgende Erfahrungen und Voraussetzungen mitbringen:

Nordwinde bringen uns immer kälteres Wetter. Westwinde (Winde vom Meere) sind im Sommer kühl, im Winter mild, immer feucht. Die Temperatur nimmt mit der Höhe ab, und zwar für je 100 m um etwa $^1/_2$ Grad. Auf Bergen fallen mehr Niederschläge als in tieferen Lagen. Ferner kennen die Schüler die Temperaturverhältnisse und Niederschläge ihrer Heimat zahlenmässig, und die klimatischen Grundbegriffe sind ihnen geläufig.

Auf Grund solcher Unterlagen gelingt es ihnen sehr schnell, sich ein Bild der klimatischen Verhältnisse des Westerwaldes selbst zu entwerfen. Da die Landschaft nach Norden offen ist, haben die Nordwinde Zutritt und drücken die mittlere Jahrestemperatur herunter. Dazu kommt die Höhenlage, welche die des Heimatsortes um so und soviel Meter übersteigt. Also ist eine mittlere Jahrestemperatur zu erwarten von so und so viel Grad. Die niedrige mittlere Jahrestemperatur kann hier zwei Ursachen haben, kühle Sommer oder kalte Winter. Sie ist bedingt durch zu niedrige Sommertemperaturen infolge der dann kühlen Westwinde. Die Westwinde haben ungehinderten Zutritt. Sie sind immer feucht und erhöhen die Niederschlagssumme. In gleichem Sinne wirkt die Höhenlage. Durch Vergleich mit dem Heimatsorte wird auf die Zahl der Jahressumme der Niederschläge geschlossen.

Welche Bodenkultur haben wir dort zu erwarten? Pflanzen, die eine hohe Sommertemperatur gebrauchen, gedeihen dort gar nicht oder schlecht. Daher sind edles Obst, wie Pfirsiche, Aprikosen, feinere Äpfel und Birnen ausgeschlossen; der Getreidebau liefert geringe Erträge; dagegen gedeiht die Kartoffel dort gut. Die reichlichen Niederschläge begünstigen den Graswuchs und die Waldbestände, darum geben grosse

Weiden und Wiesen und ausgedehnte Wälder der Landschaft das Gepräge.

Dieses eine Beispiel mag genügen, um zu zeigen, wie weit unser wetterkundlicher Unterricht imstande ist, den geographischen Unterricht anschaulich und lebendig zu gestalten.

Und endlich müssen wir erwähnen, in welcher Weise unser wetterkundlicher Lehrgang die um ihrer selbst willen gepflegte Heimatkunde begünstigt.

Diese will den Schülern die Augen öffnen für die Schönheiten und Vorzüge ihrer Heimat. Gelingt das, so erlangen sie damit einen Gewinn, der hauptsächlich nach der idealen Seite hin liegt. Wer seine Heimat ordentlich kennt, wer fleissig mit ihr umging, wird sie mehr lieben und durch stärkere Fäden mit ihr verbunden sein wie der, der nur Oberflächliches von ihr weiss.

Zu einer Vertiefung und Erweiterung der Bekanntschaft des Kindes mit der heimischen Natur können aber unsere täglichen Wetterbeobachtungen und die Betrachtungen an Hand der aus ihnen gewonnenen Übersichten beitragen. Wir dürfen uns einen Erfolg in diesem Sinne umsomehr versprechen, da wir in unserem wetterkundlichen Lehrgang die Schüler dauernd verpflichten, auf die Vorgänge in der heimischen Pflanzen- und Tierwelt zu achten und schriftlich hierüber zu berichten. Es entgeht uns nicht, wann die Zugvögel kommen und abreisen. Wir merken uns die Blütezeiten der ersten und letzten Pflanzen, der Kätzchenträger, der Zwiebelgewächse und der Herbstzeitlose. Wir machen uns Notizen über Belaubung und Verfärbung des Waldes. In Gegenden mit vorwiegend landwirtschaftlicher Bevölkerung begleiten wir mit Anteilnahme die Arbeiten des Säemanns und der Schnitter. Bringen diese kleine Erntewagen heim, so sehen wir in unseren Monatsübersichten einmal nach und forschen nach den Gründen der Misserfolge. Auch der Imker hat unser Interesse, und wir teilen die Sorgen des Winzers sowohl, wenn bei schlechtem Wetter Pilze die Ernte verderben, wie die des Forstmannes, dessen Kulturen den Raupen zum Opfer

fallen, die unter der Gunst lang andauernder Trockenheit ungestört ihrem vernichtenden Frasse obliegen können.

Auf diese Weise gewinnen Klima und Kulturleben der Heimat plastisches Gepräge, und das darf sich unser wetterkundlicher Lehrgang zugute schreiben.

14. Die Bedeutung der Wetterkunde für den physikalischen Unterricht.

Für die biologischen Unterrichtsfächer und die Erdkunde ist in erster Linie das Bildhafte, die beschreibende Art charakteristisch. Sie drängen zum Erfassen von Naturausschnitten beliebiger Dimensionen, das auf höherer Stufe zum ästhetischen Geniessen hinführen kann. Wer jedoch Probleme für sein Denken sucht, findet sie auch hier; Pflanzen-, Tier- und Menschenleben und die Erdoberfläche in ihrer augenblicklichen Gestaltung sind schliesslich doch aufzufassen als das Resultat von Vorgängen, die sich nach Naturgesetzen vollziehen.

Diese bilden in ihrer Gesamtheit und in theoretischer Form den Inbegriff dessen, was die Schule als Naturlehre bezeichnet (Physik, Chemie, Mineralogie). Die erste und wichtigste Aufgabe des physikalischen Schulunterrichtes muss also sein, ohne Rücksicht auf sekundäre Ziele die in Betracht kommenden Gesetze zum Verständnis der Schüler zu bringen.

Manche Methodiker haben gemeint, sich zu dem Zwecke in erster Linie des Experimentes bedienen zu müssen. Obiger Zusammenhang spricht aber für ein anderes, neuerdings immer mehr anerkanntes Verfahren: Die physikalischen Gesetze liegen allen uns täglich umgebenden Vorgängen zu Grunde, jedes Kind kann solche Vorgänge von klein auf beobachten und an ihnen Erfahrungen sammeln. Es ist darum naheliegend und mindestens praktisch, zur Auffindung physikalischer Gesetze solche Erfahrungen zu benutzen.

Der grössere Erfolg ist natürlich von den besseren

Erfahrungen zu erwarten, d. h. von denen, die sich durch Genauigkeit auszeichnen. Hier stellen sich nun gewöhnlich die Klagen des Lehrers ein; unser wetterkundlicher Unterricht vermag ihnen bis zu einem gewissen Grade abzuhelfen. Bei ihren täglichen Beobachtungen hantieren die Schüler selbst mit Barometer, Thermometer, Feuchtigkeits- und Regenmesser und beobachten die Windfahne. Sie sehen, dass der Wind den Regen zur Seite peitscht und die Wolken jagt. Sie verfolgen das An- und Absteigen des Quecksilbers im Barometer und Thermometer, das Zu- und Abnehmen der Luftfeuchtigkeit in den verschiedenen Tageszeiten; sie achten auf die verschiedenen Niederschläge, auf stärkere und schwächere Winde, auf das Öffnen und Schliessen der Blüten bei trockenem bezw. feuchtem Wetter und dergleichen mehr. Man sieht, hier ist Gelegenheit zu einer Unsumme von Erfahrungen, von denen aus oft nur ein Schritt zum physikalischen Gesetz führt.

Das Aufdecken der in Betracht kommenden Gesetzmässigkeiten überlässt aber die Wetterkunde nicht etwa dem physikalischen Unterrichte; sie übernimmt es selbst in eigenem Interesse bei Erörterung der Theorie der Hoch- und Tiefdruckgebiete. Obgleich der Physikunterricht diese Arbeit früher oder später selbst zu leisten imstande ist, verschafft ihm die Wetterkunde hier immerhin bedeutende Hilfe.

Die physikalischen Gesetze, die sich auf die Vorgänge in der Luft beziehen, sind nämlich gerade die verwickelteren und schwierigeren und in der gründlichen Weise, wie sie in der Wetterkunde den Schülern zum Verständnis gebracht werden können, kann es im physikalischen Unterricht nicht geschehen.

Und endlich: Der Unterricht in der Physik muss bisher in der Regel mit Rücksicht auf das Fassungsvermögen der Schüler mehr oder weniger Einzellektionen geben. Je mehr das der Fall ist, um so weniger gut haften die Einzelergebnisse, um so weiter bleibt der Unterricht entfernt von seinem Idealziel: Erfassung der Einheit des gesamten Naturgeschehens.

Die Theorie der Hoch- und Tiefdruckgebiete innerhalb unseres wetterkundlichen Lehrganges aber bringt eine Reihe wichtiger physikalischer Gesetze in natürlichem Zusammenhang, insofern sie zeigt, wie diese alle in der Luft in Wirkung treten. Es erübrigt sich hier, das in Betracht kommende physikalische Stoffmaterial aufzuführen; wer den wetterkundlichen Lehrgang einmal mit seinen Schülern absolviert hat, der wird finden, dass man sich mit ihnen über viele physikalische Fragen nunmehr anders unterhalten kann als vorher.

15. Stellung der Wetterkunde im Lehrplane und ihre erziehliche Bedeutung.

Bei unseren bisherigen Ausführungen konnte schon wiederholt nachgewiesen werden, dass die Schulwetterkunde nicht etwa als lästiges, künstlich angeflicktes Anhängsel des Lehrplanes angesehen werden kann, dass sie sich vielmehr zu einer Anzahl von anderen Unterrichtsfächern in ein organisches Verhältnis setzt.

Alle Kenntnisse, die der Schulunterricht vermittelt, gruppieren sich unter die grossen Gebiete der Natur- und Geisteswissenschaften. Es ist ohne weiteres klar, dass die Wetterkunde sich den ersteren anschliesst; doch ist sie den Gliedern jener Gruppe, der Physik, Chemie, Botanik, Zoologie, Mineralogie, Geologie, Technologie, nicht schlechthin nebenzuordnen. Ihre Stellung zu diesen ist eine eigenartige.

Die Wetterkunde ist zunächst selbst Naturkunde. Als solche hat sie ihr eigenes Erkenntnisziel; denn sie macht sich zur Aufgabe, die Naturvorgänge in der Luft zu beschreiben und den Schülern zum Verständnis zu bringen.

Dabei bietet sie sich aber den übrigen naturwissenschaftlichen Fächern als konzentrierender Mittelpunkt an, in welchem von diesen allen Fäden zusammenlaufen.

Dem physikalischen Unterricht verschafft sie Erfahrungen der Schüler, die einmal der Ableitung von Ge-

setzen dienlich werden, andererseits für diese Gesetze aber auch wieder fortgesetzte Anwendungsgelegenheiten darstellen; der biologische Unterricht stützt sich auf die Beobachtungen im Anschluss an die Wetterkunde als auf fundamendale Bausteine.

Ausserdem arbeitet die Wetterkunde auch hin auf ein praktisches Ziel, indem sie die Schüler lehrt, die Wetterkarte verständig zu gebrauchen, und damit setzt sie sich in ein Verhältnis zur menschlichen Kulturarbeit, die von ihr in ihrer Abhängigkeit von Naturvorgängen gezeigt wird.

Sie wird dadurch zu einem associierenden Lehrfache, zwar in anderer, aber in ähnlicher Weise wie die Geographie. Diese selbst steht aber teilweise auch auf den Schultern der Wetterkunde, da die Begriffe der Klimatologie in der täglichen Beobachtung der Wetterelemente wurzeln und aus deren Verarbeitung gewonnen werden. Wetterkunde in der Schule bedeutet also Fundamentalarbeit für die naturkundliche Fachgruppe.

Schon seit vielen Jahren ist der Wunsch nach Vereinheitlichung des Unterrichtes in der Naturkunde lebendig, und seine Befriedigung wäre zu begrüssen; mit ihr wäre viel gewonnen für die Geschlossenheit des kindlichen Gedankenkreises, der gegenwärtig nach den Interessen der Einzelfächer mehr oder weniger sich spaltet. Von den vielen Vorschlägen, die bisher gemacht worden sind, hat sich keiner durchsetzen können.

Hier wird zwar die Wetterkunde nicht Abhilfe schaffen; aber sie wird mildernd wirken und uns auf dem Wege zur organischen Verbindung aller Naturfächer einen Schritt weiter bringen.

Mit dem obersten Erziehungsziele hängt der wetterkundliche Unterricht nicht enger und nicht loser zusammen wie die anderen Zweige der Naturkunde auch, kann also für die indirekte Beeinflussung des kindlichen Willens durch seinen Stoff nicht mehr und nicht weniger leisten als jene durch den ihrigen.

Dagegen wird der wetterkundliche Unterricht gerade infolge der ihm eigenen Methode zu einem ausserordentlich wichtigen Gehilfen des erziehenden Lehrers.

So alt wie die Schule selbst sind ihre Klagen über die mangelhafte Fähigkeit der Schüler, ihre Sinne in der rechten Weise zu gebrauchen, und wenn irgend ein Laie unserer Schulerziehung von heute Vorwürfe macht, so findet man in vorderster Reihe auch den, sie gewöhne die Schüler nicht zum Sehen.

Einen solchen Tadel braucht die Schule nicht über sich ergehen zu lassen; eine weitgehende Zerstreutheit der Schüler aber, zumal der Grossstadtkinder, kann nicht in Abrede gestellt werden. Obwohl sich ihnen die Pflanzen des Schulgartens täglich präsentieren, lernen sie diese selbständig nicht erheblich besser kennen als die, welche draussen am Wege oder im Walde stehen. Alltäglich zu beobachtende Erscheinungen und Vorgänge gehen oft spurlos an ihnen vorüber trotz aller Hinweise und Ermahnungen, Augen und Ohren offen zu halten. Und was nicht in den Sinnen war, kommt nicht in den Verstand. Sollten hier nicht die täglichen Beobachtungen der Wetterkunde zur Besserung beitragen können? Sie zwingen die Beobachtenden zum Sehen. Die Rubriken unserer Tabellen verlangen ihre Zahlen und Notizen. Glaubt man an die Macht der Gewöhnung, so muss man auch erwarten, dass fortgesetzte Übung im Beobachten die Schüler schliesslich dahin bringt, selbständig ohne jeden äusseren Zwang den Dingen ihrer Umgebung Beachtung zu schenken, auch dann, wenn Notizen von ihnen nicht mehr verlangt werden.

Eine solche Gewöhnung zur Aufmerksamkeit ist zu einem guten Teile auch Erziehung zur Gewissenhaftigkeit, die unseren Schülern nicht weniger not tut; letzterer erweist sich die Wetterkunde aber auch im besonderen dienstbar, wie früher gezeigt wurde. Da zwei oder drei Schüler gemeinsam beobachten, ist einer für den anderen

verantwortlich, kontrolliert der eine den anderen, und keiner kann seine Dienste leichtfertig versehen. Und keiner will es. Jeder setzt seine Ehre darein, genau und pünktlich seine Pflicht zu tun, weil er fühlt, zu etwas Wichtigem berufen zu sein, weil er weiss, dass sich mit auf seine Zahlen, die er selbständig gewonnen hat, unsere Lehre vom Wetter aufbauen soll.

So soll es sein; die Schulwetterkunde arbeitet zwar im kleinen und mit bescheidenen Mitteln; aber ihre Methode ist die der wissenschaftlichen Meteorologie und erfordert darum Gewissenhaftigkeit und Pünktlichkeit nicht weniger wie diese.

Zweiter Teil.

Die meteorologischen Elemente und ihre Beobachtung.

Einleitung.

Es sind ganz verschiedene Erscheinungen, die man unter dem Sammelbegriff Wetter zusammenfasst. Sie gleichen sich aber alle insofern, als sie sich in der uns umgebenden Luft vollziehen. Die allgemein beobachteten Einzelvorgänge beziehen sich auf die Temperatur, die Niederschläge, die Bewölkung, die Winde und die Feuchtigkeit. Weit weniger Beachtung findet der Luftdruck, da man sich über sein Verhalten ohne Instrument kein Urteil bilden kann. In der Wetterkunde gebührt ihm aber eine hervorragende Berücksichtigung.

Von dem Verhalten dieser sechs Wetterelemente muss man sich Kenntnis verschaffen, wenn man sich über den Zustand des Wetters zu irgend einer Zeit unterrichten will.

1. Temperatur und Thermometer.

Wir sind von der Natur mit der Fähigkeit begabt, die Lufttemperatur im allgemeinen zu beurteilen. Wollen wir sie aber genauer feststellen, so bedienen wir uns eines Instrumentes, des Thermometers. Es besteht im wesentlichen aus einer mit Quecksilber gefüllten, in eine dünne Röhre übergehenden Kugel und einer Skala. Das Quecksilber dehnt sich, wie fast alle Körper, bei steigender Temperatur aus, und

zwar sehr regelmässig; deshalb eignet es sich besonders gut zur Temperaturmessung. Wieweit es sich jedesmal ausgedehnt hat, ist an der Skala des Thermometers ersichtlich.

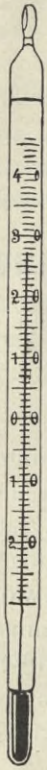


Fig. 3.

Auf dieser gibt es zwei besonders wichtige Punkte, die bei der Herstellung des Instrumentes zuerst festgelegt werden, und die man deshalb Fixpunkte nennt. Der eine ist der normale Gefrierpunkt des Wassers, welcher mit der Zahl 0 bezeichnet wird. Der andere ist der normale Siedepunkt des Wassers; er trägt die Zahl 100. Der Raum zwischen den beiden Punkten ist nach Celsius in 100 gleiche Teile geteilt, darum bezeichnet man den Zwischenraum zwischen zwei Teilstrichen als „einen Grad Celsius" (1° C). Die Grade über dem Eispunkt werden alle von diesem aus gezählt. Da man aber sehr oft Temperaturen unter 0 abzulesen hat, ist die Skala unterhalb des Nullpunktes fortgesetzt. Alle Temperaturgrade unter dem Eispunkte erhalten zur Unterscheidung von denen über demselben einen vorgesetzten Strich (—), das Minuszeichen.

Es gibt auch noch zwei Thermometer, bei denen der Raum zwischen Gefrierpunkt und Siedepunkt anders eingeteilt ist; das eine stammt von Reaumur, das andere von Fahrenheit. Ersterer teilte den Raum zwischen Gefrier- und Siedepunkt in 80 gleiche Teile, letzterer in 180, bezeichnete aber ausserdem den Gefrierpunkt des Wassers mit 32°. Sein Nullpunkt liegt also noch 32° Fahrenheit tiefer. Diese beiden Thermometerskalen kommen aber immer mehr ausser Gebrauch, und man sollte dafür sorgen, dass in der Schulwetterkunde immer nur ein Thermometer mit der 100-teiligen Skala verwendet wird.

Bei —38° C wird das Quecksilber fest. Tiefere Temperaturen können darum mit dem Quecksilberthermometer nicht gemessen werden, und schon unter — 30° werden seine Angaben unzuverlässig. Man verwendet darum zur Messung tiefer Temperaturen Thermometer, die als Flüssigkeit Alkohol haben, dessen Gefrierpunkt tiefer liegt. Im Prinzip stimmt das Alkoholthermometer natürlich mit dem Quecksilberthermometer überein.

Für viele Zwecke ist es wichtig, den Verlauf der Temperatur fortwährend aufzuzeichnen. Dazu dienen Thermographen, das sind Registrierapparate, welche einerseits aus einer mit einem Papierstreifen bespannten Trommel bestehen, die durch ein Uhrwerk innerhalb einer bestimmten Zeit, meist einer Woche, einmal herumgedreht wird, andrerseits aus einem Metallthermometer, dessen Stand durch eine Feder auf jener Trommel aufgezeichnet wird (Fig. 4). Dieses

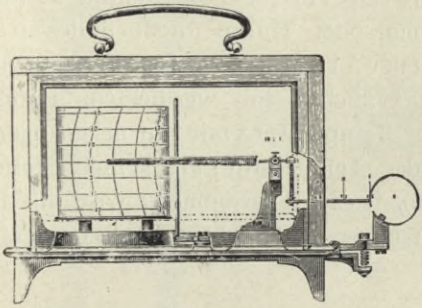


Fig. 4. Thermograph.
(J. u. A. Bosch, Strassburg i. E.)

Fig. 4 a.
Bimetallthermometer.

Metallthermometer besteht entweder aus einem gekrümmten und mit Alkohol gefüllten dünnen Metallrohr (Bourdonrohr) oder aus zwei gekrümmten und aufeinander festgelöteten Metallstreifen verschiedener Ausdehnungsfähigkeit (Bimetallthermometer). Das Mass der Krümmung ist bei jeder Temperatur verschieden: im ersten Falle, weil der Alkohol bei höherer Temperatur einen grösseren Raum einzunehmen bestrebt ist und das Rohr dabei streckt; im zweiten Falle, weil bei höherer Temperatur der eine Metallstreifen sich stärker als der andere ausdehnt und — da sie aneinander fest sind — eine Krümmung entstehen muss (s. Fig. 4a).

Von Wichtigkeit ist die Kenntnis der tiefsten und höchsten Temperatur innerhalb eines Tageslaufes. Diese vermitteln uns das Maximal- und das Minimalthermometer. Diese Instrumente existieren in verschiedenen Formen. Benutzt man zwei gesonderte Apparate, so ist das Maximalthermometer meist ein in horizontaler Lage sich befindendes Quecksilberthermometer mit Abreissfaden, d. h. die Röhre besitzt eine enge Stelle, durch welche der Quecksilberfaden zwar steigt, an der er aber bei sinkender Temperatur durchreisst und somit

in der Röhre liegen bleibt. Das liegenbleibende Stück zeigt dann zu jeder Zeit die höchste Temperatur an, die seit der letzten Ablesung vorhanden war. Die Einstellung für die nächste Ablesung erfolgt durch wiederholten kräftigen Ruck, genau wie beim Fieberthermometer, das ja selbst ein Maximalthermometer ist (Fig. 5).

Fig. 5.

Das Minimalthermometer enthält als Füllflüssigkeit Alkohol oder Toluol und befindet sich auch in horizontaler Lage. In der Flüssigkeit schwimmt ein Glasstäbchen mit verdicktem Ende, das bei sinkender Temperatur mit zurückgezogen wird, bei steigender Temperatur an seiner Stelle liegen bleibt (Fig. 6). Dieses Thermometer wird durch Senkrechtstellen zu einer neuen Ablesung vorbereitet.

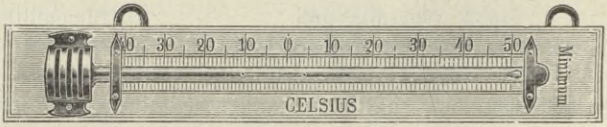


Fig. 6.

In vielen Schulen befindet sich ein Instrument, in dem Maximum- und Minimumthermometer vereinigt sind (Fig. 7). Es besteht aus einer U-förmigen Glasröhre, die oben zwei Erweiterungen trägt. Die Röhre enthält in ihrem unteren Teile Quecksilber; der obere Teil der Minimumseite ist ganz, der der Maximumseite teilweise mit einer anderen Flüssigkeit gefüllt. Das Quecksilber schiebt auf jeder Seite einen Eisenstift vor sich her, der mit federnder Borste versehen ist. Der Stift links klemmt sich beim Steigen, der rechts beim Sinken des Quecksilbers fest, wodurch in entsprechender Weise die minimale und maximale Temperatur angezeigt wird. Zur neuen Einstellung gebraucht man einen beigegebenen Magneten, mit dem man die beiden Stifte bis zum

Quecksilber schiebt. In der Figur 7 ist der gegenwärtige Temperaturzustand 15°, das Maximum ebenfalls 15°, das Minimum 5°.

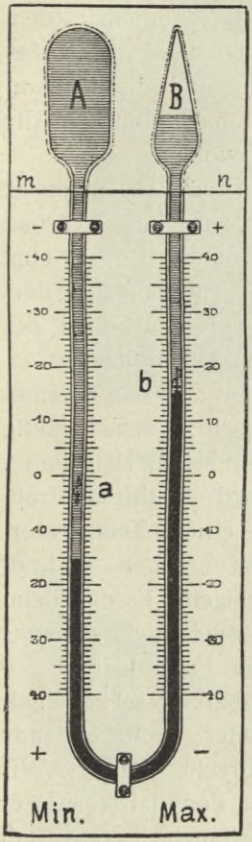


Fig. 7.
Thermometrograph
System Six.

Bei den Ablesungen muss man sich vor einigen beliebten Fehlern der Schüler hüten und beachten:

1. dass das Minimum stets links zu finden ist, das Maximum rechts;
2. dass Minimum nicht immer Minusgrade bedeutet und Maximum nicht immer Temperaturen über Null (die tiefste Temperatur kann wohl über, die höchste unter Null liegen);
3. dass auf der Minimumseite die Minusgrade, d. h. die Kältegrade höher angezeigt werden als die Wärmegrade, auf der rechten Seite umgekehrt;
4. alle Wärmegrade sind (in der Regel) durch weisse, die Kältegrade durch schwarze Ziffern bezeichnet.

Sind wir nun im Besitze guter Thermometer, so ist damit noch nicht gesagt, dass sie uns auch genau die Temperatur der Luft anzeigen. Das hängt vor allen Dingen davon ab, wo und wie wir die Instrumente anbringen. Um das einzusehen, wollen wir folgendes überlegen:

Halten wir eine Stricknadel an dem einen Ende zwischen den Fingern und bringen das andere Ende in eine Kerzenflamme, so dauert es eine Weile, bis die Wärme der Kerze durch die Stricknadel zu unseren Fingern geleitet wird. Treten wir aber vor einen geheizten Ofen, so fühlen wir auf der ihm zugekehrten Seite unseres Körpers sofort eine bedeutende Steigerung der Temperatur, die dann wieder verschwindet, wenn wir zwischen unserem Körper und dem Ofen einen

Schirm aufstellen In diesem Falle pflanzte sich die Wärme durch die Strahlung fort, wobei die Temperatur der Luft zwischen Körper und Ofen nicht erhöht wurde.

Solche Wärmestrahlen sind auch die Sonnenstrahlen. Setzen wir ihnen das Thermometer aus, so werden sie das Quecksilber gewaltig in die Höhe treiben, und die alsdann abgelesene Temperatur ist auch nicht einmal annähernd die der Luft, welche allein wir doch messen wollen.

Wie von der Sonne, so treffen auf ein Thermometer aber auch von allen Körpern in seiner Umgebung Wärmestrahlen, falls die Temperatur der betreffenden Körper eine höhere als die des Instrumentes ist. Ein Thermometer darf demnach auch nicht in der Nähe einer von der Sonne bestrahlten oder sonstwie künstlich erhitzten Wand hängen.

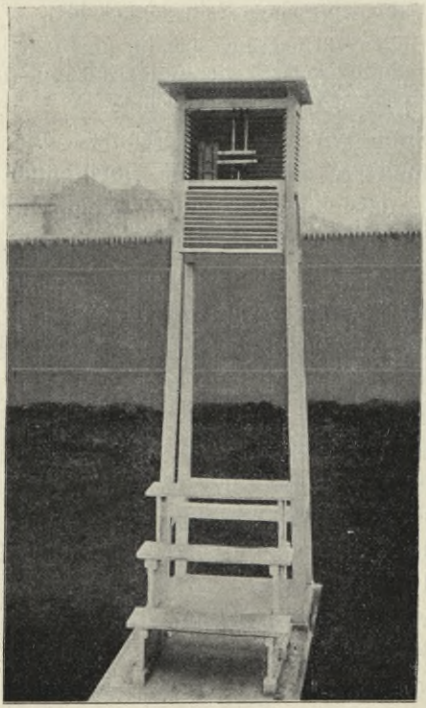


Fig. 8. Thermometerhütte.

Ist aber das Thermometer selbst wärmer als alle Körper seiner Umgebung, so wird es durch Strahlung einen Temperaturverlust erleiden und zu tief zeigen. Es darf demnach auch nicht zu nahe an der Erde oder in unmittelbarer Nachbarschaft besonders kalter Wände angebracht sein. Wir sehen, der Platz für unser Thermometer muss mit grosser Sorgfalt ausgewählt werden.

Man kann es dem störenden Einflusse der Strahlung ziemlich entziehen, indem man es in einer Thermometerhütte unterbringt. Deren Einrichtung ist aus Figur 8 ersichtlich. Die Ja-

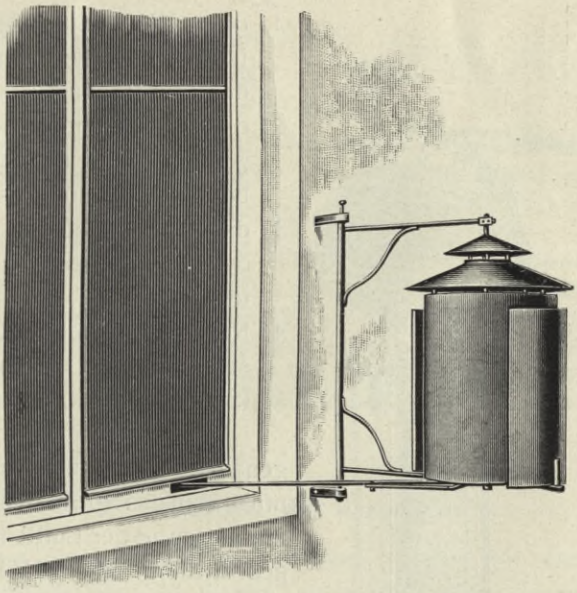


Fig. 9. Thermometerhäuschen nach R. Fuess.

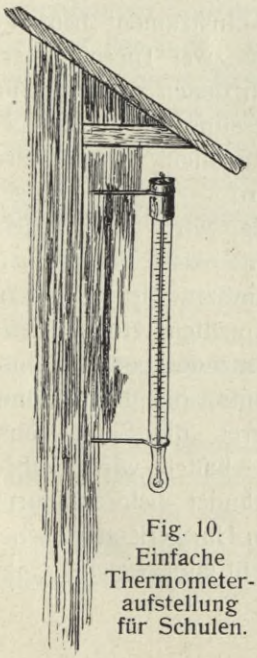


Fig. 10. Einfache Thermometeraufstellung für Schulen.

lousien haben den Zweck, der Luft den Zutritt zu gestatten, die Strahlung jedoch abzuhalten. Man hat auch Thermometergehäuse konstruiert, die vor einem Fenster der Nordseite angebracht werden, etwa ½ m von der Wand entfernt (Fig. 9). Für die Schulwetterkunde sind alle diese Vorrichtungen meist zu umständlich. Allenfalls kommt ein Schleuderthermometer zur Feststellung der Lufttemperatur in Betracht, das an einer langen Schnur hängt und vor der Ablesung eine Zeitlang im Kreise geschwungen wird. Das Quecksilber nimmt dann die wahre Temperatur der Luft an.

Man kommt aber auch mit einem verhältnismässig ganz einfach aufgehängten gewöhnlichen Thermometer aus, wenn man es an zwei in eine Wand eingeschlagenen Nägeln oder Schrauben befestigt (Fig. 10) und darauf achtet, dass

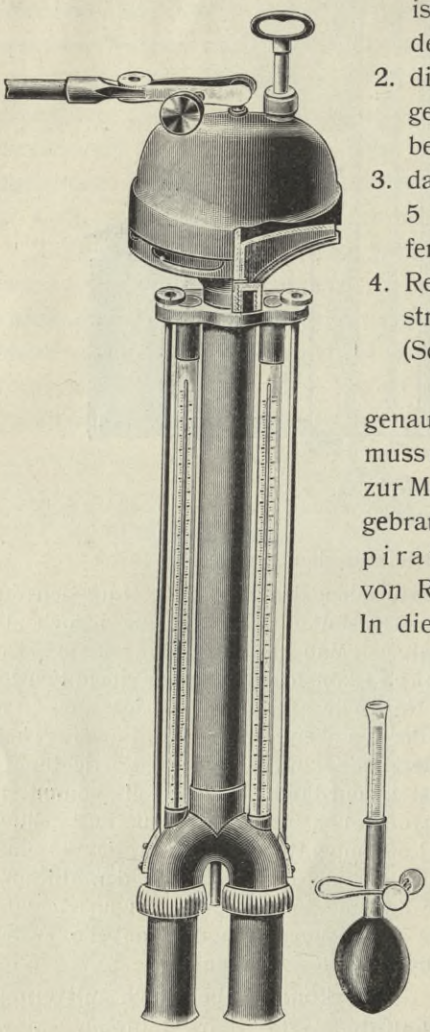


Fig. 11. Assmann's Aspirationspsychrometer.

(Daneben ein Gummiball mit Glasröhre zum Befeuchten des einen Thermometers.)

1. diese Wand eine Nordwand ist und das Thermometer nie der Sonne ausgesetzt ist;
2. die Gegenstände der Umgebung keine extremen Farben haben (möglichst grau);
3. das Thermometer mindestens 5 cm von der Wand entfernt ist;
4. Regen und Schnee das Instrument nicht treffen können (Schutzdach).

Um wissenschaftlich genaue Angaben zu bekommen, muss man das Normalinstrument zur Messung der Lufttemperatur gebrauchen. Es ist das Aspirationspsychrometer von R. Assmann. (Figur 11.) In diesem Instrument bemerkt man zwei Thermometer, von denen das eine zur Messung der Lufttemperatur dient. Das andere wird — wie später gezeigt wird — zur Messung der Feuchtigkeit benutzt. Sie stecken in doppelten Hüllen, die glänzend poliert sind, damit die Bestrahlung durch die Sonne ausgeschaltet wird. Oben befindet sich ein durch ein Uhrwerk getriebener Ventilator, welcher einen

Luftstrom durch die beiden Hüllen saugt, der sich in der Mitte des Apparates vereinigt. Auch wenn dieses Instrument in vollem Sonnenschein verwendet wird, zeigt es doch die wahre Temperatur der Luft an, da der betreffenden Thermometerkugel fortwährend neue Luft zugeführt wird und die blanken Hüllen die Bestrahlung an sich schon mildern.

Im Publikum spielt die „Temperatur in der Sonne“ noch immer eine grosse Rolle, das ist die Temperatur des von der Sonne bestrahlten Quecksilbers, die je nach der Form der Thermometer, der Art des Glases, der Windstärke etc. ganz verschieden sein kann. Man darf sie jedenfalls nicht mit der Lufttemperatur verwechseln und sollte womöglich diese Temperaturmessung ganz verbannen.

2. Luftdruck und Barometer.

Dass die Luft, welche die Erde umgibt, ein Körper ist und demnach Gewicht haben muss, das weiss man schon seit mehr als 300 Jahren. Ohne besondere Hilfsmittel aber vermögen wir von dem Luftgewichte, wie überhaupt von dem Gewicht der Gase, keine Vorstellung zu gewinnen. Wollen wir es kennen lernen, so müssen wir eine recht umständliche Gewichtsvergleichung mit luftleeren Kugeln vornehmen. Man findet dann, dass ein Liter Luft bei 0^0 und bei einem Barometerstand von 760 mm im Meeresniveau und unter 45^0 geographischer Breite 1,293 Gramm wiegt.

In der Wetterkunde ist es jedoch nicht üblich, sich hin und wieder von dem Gewicht einer bestimmten Menge Luft zu überzeugen. Man benutzt ein anderes Mass, nämlich den Druck, unter welchem die Luft steht. Das wollen wir einmal ausführlicher erklären:

Die Luft reicht von der Erdoberfläche bis zu gewaltigen Höhen hinauf. Bis in etwa 11 km Höhe reichen unsere Wolken; in 70 km hat man bisweilen noch Dunstwolken („leuchtende Nachtwolken“) beobachtet. Die Sternschnuppen leuchten bis 300 km auf. Aber darüber noch, über 500 km

von der Erdoberfläche entfernt, spielen sich Nordlichterscheinungen ab. Die der Erde anliegenden Luftschichten haben die ganze Last dieser darüberliegenden Luftmassen zu tragen, einen grossen Druck (eben den „Luftdruck") auszuhalten. Wenn sie dadurch nicht ganz zusammengepresst werden, so hat das seinen Grund darin, dass die Luft ein gasförmiger Körper ist und als solcher eine dem Luftdruck entgegenwirkende Kraft besitzt, die man als Expansionskraft oder Spannkraft, oft gleichfalls als „Druck der Luft", bezeichnet.

Wie die Spannkraft und der durch das Gewicht der Luft bedingte Druck der Luft zusammenwirken, kann man sich klar machen, wenn man sich statt einer hohen Luftsäule eine lange Spiralfeder aus Draht vorstellt, die senkrecht aufgestellt ist. Ihre unteren Windungen haben das gesamte Drahtgewicht der über ihnen liegenden zu tragen, ihre Spannkraft aber verhindert, dass sie vollständig zusammengedrückt werden.

An dem Luftdruck nun, den eine über der Erde lagernde Luftsäule von beliebigem Querschnitt in Folge ihres Gewichtes auf die Unterlage ausübt, hat die Wetterkunde ein grosses Interesse. Diesen Druck könnte man in Gewichten angeben, indem man etwa feststellte, wieviel Gramm das Gewicht einer Luftsäule von 1 qcm Querschnitt beträgt. Man bekäme dann bei einer Lufttemperatur von 0^0 unter 45^0 geographischer Breite und bei mittlerem Barometerstand 1033 g.

In der Praxis bedient man sich jedoch eines anderen Verfahrens, welches sich auf Torricellis Versuch gründet und dadurch charakterisiert ist, dass man das Gewicht der Luft durch die Länge einer Quecksilbersäule darstellt, die gleich schwer ist.

Der Torricellische Versuch ist sehr lehrreich und kann leicht wiederholt werden, wenn man nur eine 1 m lange oben geschlossene Röhre und etwa 2 kg Quecksilber zur Verfügung hat. Mit einem Quecksilbertrichter — mit sehr enger

Öffnung — füllt man die Röhre, schliesst sie mit dem Daumen und kehrt sie in einem Gefäss, in dem sich schon Quecksilber befindet, um (Fig. 12). Lässt man nun den Daumen los, so sinkt das Quecksilber in der Röhre bis auf eine Höhe von etwa 76 cm, fliesst aber weiterhin nicht aus. Über ihm bleibt ein völlig luftleerer Raum. Es halten sich nun das Quecksilber in der Röhre und eine Luftsäule ausserhalb derselben von gleichem Querschnitt das Gleichgewicht.

Fig. 12.
Torricellischer Versuch.

Wünscht man statt der Länge eine Gewichtszahl, so kann man leicht umrechnen. Beträgt z. B. die Höhe der Quecksilbersäule 75 cm, ihr Querschnitt 1 qcm, so erhält man für den Luftdruck, der ihrem Gewichte gleichkommt, 75×13.6 g $= 1020$ g (13.6 ist das spezifische Gewicht des Quecksilbers).

Aus diesem Experiment ist das Barometer entstanden. Es gibt mehrere Arten: Die Gefässbarometer unterscheiden sich von dem Torricellischen Apparate nur unwesentlich (Fig. 13). Der gegenwärtige Luftdruck wird angegeben durch den Abstand zwischen dem Quecksilberniveau im Gefäss (rechts) und der Säulenkuppe (links). Man sieht leicht ein, dass sich bei einer Änderung des Luftdrucks auch die Höhe des Niveaus im Gefässe ändert. Darum haben derartige Barometer oft eine Vorrichtung, die gestattet, den unteren Quecksilberspiegel immer wieder auf einen festen Nullpunkt einzustellen. Nachdem das geschehen ist, liest man oben an der Skala den Stand des Barometers ab.

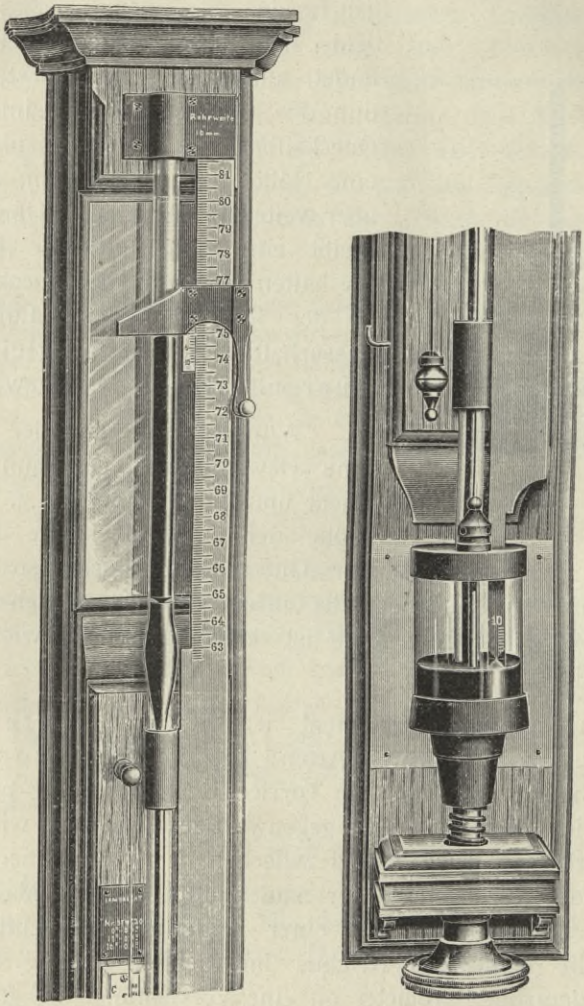


Fig. 13. Oberteil und Unterteil
zu Lambrecht's Normal-Quecksilber-Barometer No. 4.

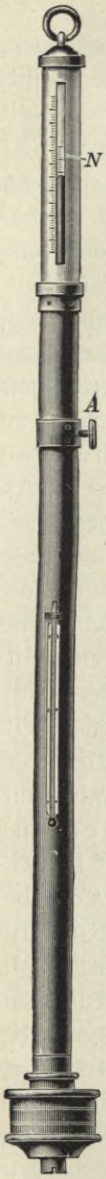


Fig. 14.
Stations-
barometer.

Man hat gefunden, dass sich die lästige Einstellung des Quecksilberspiegels im unteren Gefäss vermeiden lässt. Wenn nämlich die Höhe der Quecksilbersäule sich verringert, muss gleichzeitig das Niveau im unteren Gefäss etwas steigen und umgekehrt, und dieser Betrag lässt sich aus dem Querschnitt der Glasröhre, $r^2 \pi$, und dem des Gefässes, $R^2 \pi$, leicht berechnen. Statt den Nullpunkt jedesmal entsprechend zu verschieben, braucht man nur die Teilung der Skala im Verhältnis von $r^2 : R^2$ zu verkleinern. Solche Apparate heissen „Barometer mit reduzierter Skala" oder „Stationsbarometer". (Fig. 14.) Sie bedürfen in mehrjährigen Zwischenräumen eines Vergleiches mit einem Normalbarometer.

Ändert man den Torricellischen Versuch so ab, wie es Figur 15 andeutet, so ergibt sich aus ihm das Schema für die Heberbarometer (Figur 15). Bei diesen gibt genau wie dort die Differenz der beiden Quecksilberkuppen den Luftdruck an.

In den luftleeren Raum des Barometers darf sich auch nicht das feinste Luftbläschen eingeschlichen haben. Neigen wir das Instrument und die Quecksilbersäule schlägt an die obere Innenwand der Röhre mit hellem Klange an, so können wir unbesorgt sein. Ist man einmal genötigt, ein Quecksilberbarometer, sei es welches es wolle, zu transportieren, so muss man es bis zum Anschlag des Quecksilbers neigen und in dieser Lage vorsichtig tragen.

Beim Ablesen des Barometerstandes haben wir sehr sorgfältig zu verfahren. Gewöhnlich trägt die Skala ein Visier, das auf die oberste Kuppe des Quecksilbers genau eingestellt werden muss (s. Fig. 13). Ist ein solches nicht angebracht, so müssen wir darauf achten, dass das ablesende Auge mit der Kuppe genau in eine horizontale Lage kommt.

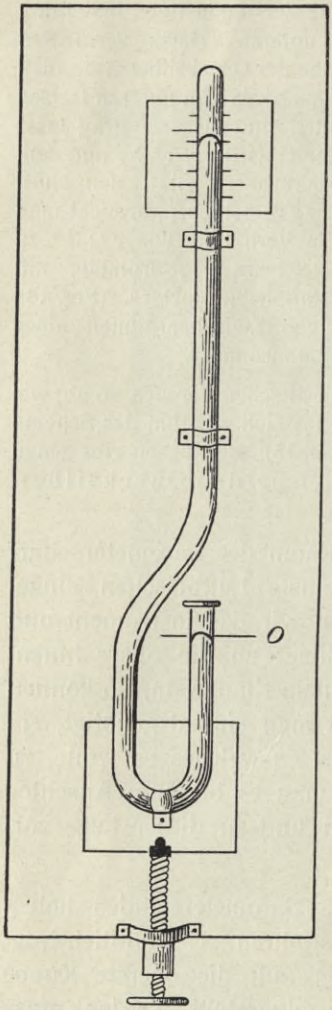


Fig. 15. Heberbarometer.

Die Angaben unseres Queck, silberbarometers sind, wie erwähnt- Längenangaben. In Wirklichkeit kommt es aber auf das Gewicht der Quecksilbersäule an, das von der Luft getragen wird. Über dieses Gewicht kann uns die Höhe des Quecksilbers aber täuschen.

Hat das Barometer an einem heissen und an einem kalten Tage dieselbe Höhe der Quecksilbersäule, so wäre es ein Irrtum, zu glauben, dass der Luftdruck an beiden Tagen derselbe sei. An dem Tage mit sehr hoher Temperatur wird die Quecksilbersäule wie beim Thermometer durch die Wärme bedeutend ausgedehnt und muss bei gleichem wahren Luftdruck an jenem Tage in der Röhre höher stehen als an diesem. Will man also abgelesene Barometerstände miteinander vergleichen, so muss man die Temperatur des Quecksilbers mit berücksichtigen. Zu diesem Zwecke befindet sich an jedem guten Barometer auch ein Thermometer. In der Regel nimmt man sofort die Temperaturkorrektur vor, d. h. man berechnet, wie hoch die Quecksilbersäule des Barometers bei 0° Quecksilbertemperatur sein würde.

Bei dieser Korrektur muss auch die der Ausdehnung des Quecksilbers entgegengesetzte der Metallskala berücksichtigt werden. Eine entsprechende Tabelle befindet sich am Schlusse dieses Buches (Tabelle I).

Das Gewicht einer Quecksilbersäule ist aber auch abhängig von der Schwerkraft an dem Ort, an dem sich das Barometer befindet. Ursache des Gewichtes ist ja die Anziehungskraft der Erde. Wie diese, muss also auch das Gewicht des Quecksilbers abnehmen, und zwar einmal mit der Erhebung über den Erdboden, und sodann in der Richtung vom Pol zum Aequator, da in beiden Fällen die Entfernung vom Erdzentrum wächst, im letzteren Falle wegen der Abweichung der Gestalt der Erde von der Kugel. Will man also die Luftdruckbeobachtungen aus weit entfernten Orten mit einander vergleichen, so muss eine Reduktion auf die mittlere Schwere, nämlich der unter 45° geographischer Breite und im Meeresniveau vorgenommen werden. Für unsere Zwecke kommt das jedoch nicht in Betracht.

Wir müssen uns noch mit der in der Wetterkunde üblichen und notwendigen Reduktion des Barometerstandes auf Meeresniveau vertraut machen. Der Luftdruck, den wir messen, ist ja nichts anderes als das Gewicht einer Luftsäule, deren Fusspunkt am Nullpunkt unseres Barometers liegt. Je höher nun ein Beobachtungsort liegt, desto kürzer ist die Luftsäule und desto niedriger muss der Barometerstand sein. Diese Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe beträgt anfangs für rund $10^1/_2$ m einen Millimeter, ist aber nicht gleichmässig. Charakteristisch ist für sie, dass die Quecksilbersäule des Barometers für ungefähr je 5500 m Erhebung auf die Hälfte des bisherigen Betrages sinkt. Bei einem Aufstieg von NN (Normal-Null), d. h. von der Höhe des Meeresspiegels, bis 5500 m würde man also eine Abnahme des Luftdrucks auf die Hälfte, bis 11 000 m auf $^1/_4$, bis 16 500 m auf $^1/_8$ u. s. w. beobachten.

Um wirklich vergleichbare Luftdruckzahlen zu bekommen, rechnet man darum in der Wetterkunde die Barometerzahlen so um, als ob sich jeder Beobachtungsort in Höhe des Meeresspiegels befände, d. h. es muss dem Luftdruck eines Ortes immer das Gewicht der Luftsäule zugezählt werden, die sich von seiner Höhenlage bis zur Höhe des Meeresspiegels erstreckt. Bei dieser Reduktion auf NN muss hauptsächlich die Temperatur der Luft berücksichtigt werden. (Tabelle II).

Es mag vielen erwünscht sein, einen ungefähren Anhalt über die Grösse dieser Korrektionen zu bekommen. Für einen Ort, der sich unter 50° geographischer Breite und 100 m über dem Meere befindet, haben die drei Korrektionen folgende Werte: Hängt das Barometer in einem Raume, welcher jahraus, jahrein ungefähr dieselbe Temperatur hat wie die Aussenluft, so werden im Sommer (etwa 20° Lufttemperatur) für die Temperaturkorrektion etwa 2 mm, im Winter durchschnittlich 0.5 mm in Abzug zu bringen sein. Für die Umrechnung auf NN sind im Sommer 9.1 mm, im Winter 9.8 mm (im Mittel) zuzuzählen (für die Schwerekorrektion 0.3 mm). Im ganzen wird also die Zahl für den Luftdruck im öffentlichen Wetterbericht im Winter rund 9.5 mm, im Sommer 7.5 mm höher sein als die Angabe unseres Barometers. In den übrigen Jahreszeiten, oder falls das Barometer im bewohnten Raume hängt, muss man je nach den Temperaturverhältnissen eine zwischen 7.5 und 9.5 liegende Korrektionszahl in Anwendung bringen.

Bei den Beobachtungen jüngerer Schüler kann man natürlich, falls man ein Quecksilberbarometer verwendet, von den immerhin nicht leicht auszuführenden Korrekturen absehen, da die rohen Zahlen für unsere Zwecke ausreichende Dienste leisten.

Wir können aber auch ein Barometer benutzen, für dessen Angaben Temperatur- und Schwerekorrektur überhaupt wegfallen, zu denen man also nur, wenn man eine Reduktion auf den Meeresspiegel wünscht, den Betrag für diese zuzuzählen hat, das aber auch ein für allemal nahezu so eingestellt werden kann, dass es den Luftdruck gleich reduziert auf NN angibt. Es ist das Metallbarometer oder Aneroidbarometer (Fig. 16).

Da es nicht annähernd die gleiche vorsichtige Behandlung verlangt wie ein Quecksilberinstrument und es ausserdem nicht so teuer ist, findet man es in den Wohnungen jetzt recht häufig. Es eignet sich deshalb besonders gut für unsere Schulwetterkunde.

Das Prinzip dieses Barometers ist recht einfach. Es besitzt im Innern eine Metallkapsel aus ganz dünnem, elastischem Wellblech, die einen luftverdünnten Raum umschliesst. Bei Schwankungen des Luftdrucks dehnt sie sich

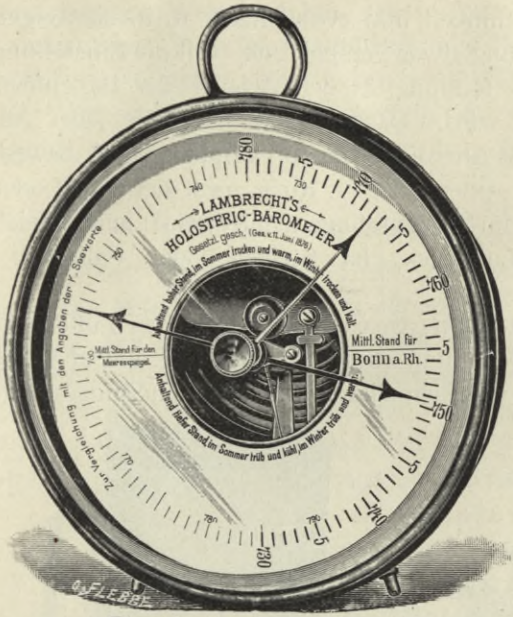


Fig. 16. Aneroidbarometer.

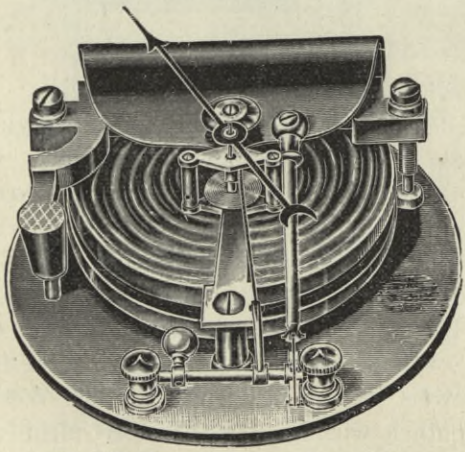


Fig. 17. Inneres eines Aneroides.

aus oder zieht sich zusammen, da die Metallkapsel sich stets mit dem äusseren Luftdruck ins Gleichgewicht setzen muss. Die Kapselwand überträgt ihre Veränderungen auf einen Zeiger, welcher sich über eine Skala bewegt (s. Fig. 17). Diese ist durch Vergleich mit einem Normalbarometer hergestellt und zeigt wie dieses gleich Millimeter an. Das Aneroidbarometer ist also kein Normalinstrument, sondern seine Angaben müssen von Zeit zu Zeit mit einem guten Quecksilberbarometer verglichen werden. Nötigenfalls muss dann an einer auf der Rückwand befindlichen Schraube eine Korrektur vorgenommen werden.

Alle Aneroide hinken nun etwas nach, d. h. sie zeigen jede Luftdruckänderung etwas verspätet an, weil die Einstellung immer etwas durch Reibung in den Achsen der Hebelübertragungen gehemmt wird. Darum muss man vor jeder Ablesung leicht an das Aneroidbarometer klopfen. Dann bewegt sich der Zeiger mit einem kleinen Ruck nach der einen oder anderen Seite, wodurch man angenehmerweise auch gleich erfährt, ob der Luftdruck im Steigen oder Fallen begriffen ist.

Die Barographen, welche eine Kurve des Luftdrucks aufzeichnen (Fig. 18), sind ebenfalls Aneroide, die aber mit Schreibvorrichtung versehen sind, ähnlich den Thermographen.

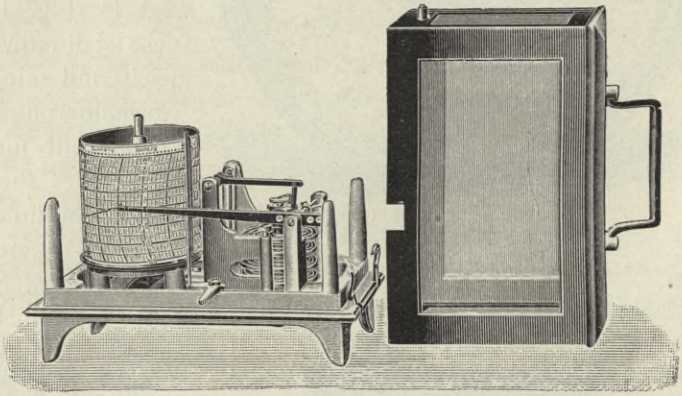


Fig. 18. Barograph. (J. & A. Bosch, Strassburg i. E.)

Die Barometer, denen wir im täglichen Leben begegnen, tragen neben der Skala meist noch Stichwörter, die das, wie man annimmt, den einzelnen Barometerständen parallelgehende Wetter charakterisieren. Man geht wohl nicht fehl, wenn man behauptet, dass diese Angaben in der Regel mehr beachtet werden als die Millimeterskala, obgleich jedermann wissen sollte, dass bei hohem Barometerstande das Wetter nicht immer „schön“, bei niedrigem nicht immer „regnerisch und windig“ ist. Gewiss ist der Luftdruck für die Wettergestaltung ausserordentlich wichtig. Da es aber nicht nur auf diesen ankommt, kann das Barometer für sich allein kein

zuverlässiger Wetterprophet sein. Von dem wahren Zusammenhang zwischen Luftdruck und Wetter wird später noch viel zu reden sein. Schon jetzt sei gesagt, dass es für die Wettervorhersage sehr wichtig ist, ob das Barometer steigt oder fällt; nicht allein, ob es hoch oder tief steht.

3. Wind.

Wind ist bewegte Luft, und zwar denkt man, wenn man von Wind spricht, meist nur an die horizontale Bewegung der Luft, welche hauptsächlich deshalb zu Stande kommt, weil die Luft als leichtbeweglicher Körper immer aus der Gegend mit höherem in die mit niederem Drucke hinfliesst. Die Windbeobachtung hat sich auf zweierlei zu erstrecken, auf dessen Richtung und Geschwindigkeit.

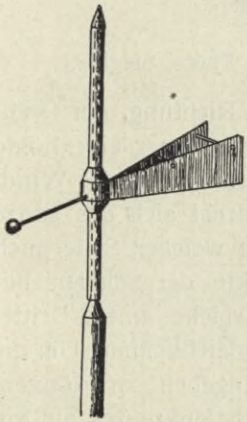


Fig. 19. Windfahne.

Die Richtung des Windes bestimmt man nach den Himmelsgegenden, wobei man sich nur der 8-teiligen Windrose zu bedienen braucht. Er erhält also die Bezeichnungen N, NO, O u.s.w. (Osten wird in der Wetterkunde oft durch E bezeichnet laut internationaler Verabredung). Dabei heisst ein Wind, der von NW auf uns zukommt und nach SO gerichtet ist, NW. Der Wind erhält also seinen Namen nach der Richtung, aus der er kommt. Das Instrument, das uns die Windrichtung angibt, ist die Windfahne, oft auch Wetterfahne genannt (Fig. 19).

Schwieriger gestaltet sich die Feststellung der Windgeschwindigkeit. Sie geschieht in der messenden Meteorologie mittels des Robinsonschen Schalenkreuzanemometers, wie es Figur 20 zeigt. Um eine leicht bewegliche Achse sind vier halbe Hohlkugeln angebracht,

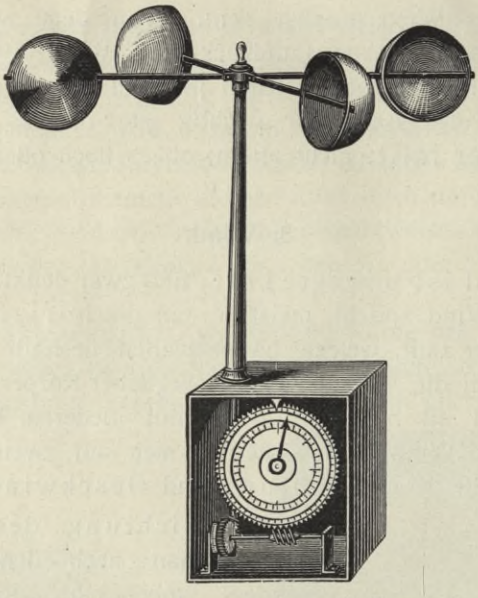


Fig. 20. Schalenkreuz-Anemometer. (R. Fuess, Steglitz.)

deren Wölbungen alle nach der gleichen Richtung, der Drehrichtung, zeigen. Dem Winde stehen also immer eine hohle und eine gewölbte Schalenseite gegenüber. Da nun der Winddruck auf die hohlen Seiten grösser ist, dreht sich das ganze System stets in der einen Richtung, von welcher Seite auch der Wind kommen mag. Die Mittelpunkte der Schalen bewegen sich mit einer Geschwindigkeit, welche einem Drittel bis der Hälfte der Windgeschwindigkeit gleichkommt. Um die mittlere Geschwindigkeit des Windes angeben zu können, übertragen sich die Umdrehungen des Schalenkreuzes auf ein Zählwerk, das die vom Winde in einer gewissen Zeit zurückgelegte Meterzahl anzeigt.

In der Schulwetterkunde wird man sich nicht so leicht ein Schalenkreuz-Anemometer leisten können. Man bestimmt dann die Geschwindigkeit des Windes durch seine Wirkungen. Das geschieht schätzungsweise nach der Beaufort-Skala, die hier folgen mag:

Beaufort-Skala der Windstärke.

Windstärke nach der Beaufort-Skala	Bezeichnung	Geschwindigkeit m p. S.*)	Kennzeichen
0	Windstille	0	Vollkommene Windstille.
1	Leiser Zug	1.7	Der Rauch steigt fast gerade empor.
2	Leicht	3.1	Für das Gefühl eben bemerkbar.
3	Schwach	4.8	Bewegt einen leichten Wimpel, auch die Blätter der Bäume.
4	Mässig	6.7	Streckt einen Wimpel, bewegt auch kleine Zweige der Bäume.
5	Frisch	8.8	Bewegt grössere Zweige der Bäume, wird für das Gefühl schon unangenehm.
6	Stark	10.7	Wird an Häusern und anderen festen Gegenständen hörbar, bewegt grosse Zweige d. Bäume.
7	Steif	12.9	Bewegt schwächere Baumstämme, wirft auf stehendem Wasser Wellen auf, welche oben überstürzen.
8	Stürmisch	15.4	Ganze Bäume werden bewegt; ein gegen d. Wind schreitend. Mensch wird merklich aufgehalten.
9	Sturm	18.0	Leichtere Gegenstände, wie Dachziegel u. s. w. werden aus ihrer Lage gebracht.
10	Voller Sturm	21.0	Bäume werd. umgeworfen.
11	Schwerer Sturm	(25)	Zerstörende Wirkungen schwerer Art.
12	Orkan	(30)	Verwüstende Wirkungen.

*) Nach Köppen.

Auch die meteorologischen Beobachtungen der Windstärke, die in der Wetterkarte verwertet werden, sind in der Beaufort-Skala ausgedrückt. Es ist leicht zu merken, dass die Geschwindigkeit des Windes bei mittlerer Stärke ungefähr doppelt so gross ist wie die ihr entsprechende Zahl der Beaufort-Skala, vermindert um 1 m. — Oft wird auch die Geschwindigkeit des Windes in km pro Stunde angegeben. Diese Ausdrucksweise gewinnt man leicht aus der Geschwindigkeit in m/sec. 10 m/sec. macht $60 \times 60 \times 0.01$ km = 36 km/Stunde, woraus ersichtlich ist, dass man die Zahl für die Geschwindigkeit in m/sec. nur mit 3.6 zu multiplizieren hat, um die für km/Stunde zu erhalten.

Die Winde in den höheren Luftschichten stimmen mit denen am Boden niemals überein. Die Windgeschwindigkeit wächst meist mit der Höhe beträchtlich. Das hat hauptsächlich seinen Grund darin, dass die Luft nahe am Boden durch die hier zu überwindenden Unebenheiten, wie Häuser, Bäume, Hügel u. s. w. in ihrer Bewegung gehemmt wird. Auf der glatten Oberfläche des Ozeans fallen diese Hindernisse weg, weshalb auch dort die Windgeschwindigkeit im Durchschnitt grösser ist als auf dem Lande.

Mit der Höhe ändert sich aber auch oft die Richtung des Windes. Für die Beurteilung der Wetterlage ist gerade die Kenntnis des Verhaltens der oberen Winde ausserordentlich wichtig. Deshalb muss man so oft als möglich die Zugrichtung der oberen Wolken, welche natürlich mit dem Winde fliegen, aufmerksam beobachten. Wenn wir also durch Visieren an einem hohen Turm, einem Schornstein oder einer Dachkante vorbei deren Bewegungsrichtung feststellen, so lernen wir dadurch auch die Richtung der Winde in den höheren Schichten kennen.

4. Luftfeuchtigkeit.

Die Luft ist ein Gemisch von verschiedenen Gasen; die hauptsächlichsten sind Stickstoff, Sauerstoff, Wasserdampf,

Argon, Kohlensäure, Wasserstoff.*) Ferner enthält sie einige seltene Gase in ganz geringen Mengen. Während aber nun der prozentuale Anteil der meisten stets mit geringen Schwankungen der gleiche ist, zeigt der Gehalt der Luft an Wasserdampf starke zeitliche und örtliche Verschiedenheiten.

Es ist zu unterscheiden zwischen dem Element Wasserstoff (H), dem Wassergas, das ist ein Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff, und endlich dem Wasserdampf. Letzterer ist der gasförmige Aggregatzustand des Wassers, hat also die chemische Zusammensetzung H_2O. Im Volksmund wird unter „Wasserdampf" oder kurzweg „Dampf" meist der von kochendem Wasser aufsteigende Nebel verstanden, deshalb ist es nicht überflüssig darauf hinzuweisen, dass Wasserdampf ein unsichtbares und geruchloses Gas ist.

Der Übergang des Wassers aus dem flüssigen Zustande in den gasförmigen heisst Verdampfung oder Verdunstung; dabei verlieren die einzelnen Tropfen der Flüssigkeit ihre Wasserdampf-Moleküle nach und nach, bis sie schliesslich ganz verschwinden. Dieser Vorgang vollzieht sich schnell, wenn man das Wasser auf seine Siedetemperatur, normalerweise 100° C, erhitzt. Die Dampfbildung geht an der Luft aber auch bei jeder anderen Temperatur vor sich, nur viel langsamer. Darum verringert sich der Wasserinhalt einer Schale, die man an das offene Fenster stellt, fortgesetzt und verschwindet zuletzt völlig, und aus demselben Grunde trocknen seichte Gewässer in regenarmen Zeiten vollständig aus.

Aus diesen Tatsachen folgt, dass sich in der Luft stets eine grössere oder kleinere Menge Wasserdampf finden muss. Besonders feucht, d. h. reich an Wasserdampf, ist die Luft, welche mit der Oberfläche von Gewässern in Berührung steht; aber auch solche, die über dem Erdboden lagert, reichert sich mit Wasserdampf an. Hier sind es hauptsächlich die Pflanzen, die ihn an die Luft abgeben. Gegenden mit ausgedehnten Waldungen wirken ähnlich wie seenreiche Gebiete.

Es gibt Mittel, um direkt zu bestimmen, wieviel

*) Die Zusammensetzung der Luft in Volumprozenten mit Ausschaltung des Wasserdampfes ist: Stickstoff 78.03 %, Sauerstoff 20.99, Argon 0.94, Kohlensäure 0.03, Wasserstoff 0.01 etc.

Wasserdampf sich in einer bestimmten Luftmenge befindet. Man füllt zu diesem Zwecke ein Glasrohr mit einer „hygroskopischen" Substanz, die den Wasserdampf kräftig an sich reisst und festhält (absorbiert). Hierzu eignen sich z. B. Schwefelsäure oder Chlorcalcium. Dann saugt man eine genau nach Litern oder Kubikmetern bestimmte Luftmenge durch das Glasrohr hindurch, die dabei ihren Wasserdampfgehalt vollständig verliert. Die Gewichtszunahme des Rohres ergibt dann ohne weiteres, wieviel Feuchtigkeit die durchgesaugte Luft enthielt. Man gibt dies gewöhnlich in Gramm pro Kubikmeter an. Die also gewonnene Zahl gibt dann die absolute Feuchtigkeit der Luft an.

Wir haben bereits früher erwähnt, dass jedes Gas eine Spannkraft besitzt, mit der es dem Druck das Gleichgewicht hält, unter dem es selbst steht. Einen solchen Gegendruck übt auch der Wasserdampf aus, und zwar um so stärker, je mehr vorhanden ist. Er ist in dem am Barometer gemessenen Luftdruck enthalten. Man kann also auch die Menge des in der Luft in gasförmigem Zustande enthaltenen Wassers in Gestalt seines Dampfdruckes angeben. Dieser wird genau wie der Luftdruck in mm Quecksilberhöhe ausgedrückt. Ob es zweckmässig sein wird, den Begriff des Dampfdruckes im Unterricht einzuführen, muss jeder Lehrer selbst entscheiden. Man kann sehr gut ohne ihn auskommen.

Absolute Feuchtigkeit und Dampfdruck sind Ausdrucksweisen für dasselbe meteorologische Element, nämlich die Menge des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes. Diese wird das eine Mal in g im cbm, das andere Mal in mm Quecksilberhöhe angegeben.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann sich nicht ins Unendliche steigern. Die Luft vermag bei einer gegebenen Temperatur nur eine begrenzte Menge Wasserdampf aufzunehmen und festzuhalten. Man sagt dann, die Luft ist gesättigt. Die Sättigungswerte sind verschieden und richten sich einzig und allein nach der gerade vorhandenen Temperatur. Bei hoher Temperatur kann die Luft mehr Wasserdampf festhalten als bei niedriger.

Die Werte für die grösstmöglichen Feuchtigkeitsmengen,

die die Luft bei den verschiedenen Temperaturen enthalten kann, sind alle genau bestimmt worden. Eine Tabelle (Tab. III) findet sich am Schlusse. Die Angaben können natürlich ebensowohl in Gestalt des maximalen Dampfdruckes in Millimetern Quecksilberhöhe als auch in Form der absoluten Feuchtigkeit in Grammen pro Kubikmeter gemacht werden. Es fällt auf, dass die beiden Zahlen nahezu übereinstimmen; so beträgt der maximale Wassergehalt bei + 20° entweder 17.3 g pro Kubikmeter oder 17.4 mm Quecksilberhöhe. Die Übereinstimmung ist jedoch nur eine zufällige, die in unseren Massen begründet ist.

In den seltensten Fällen befindet sich die uns umgebende Luft im Zustande der Sättigung. Meist ist sie von diesem erheblich entfernt und daher imstande, weiterhin Wasserdampf aufzunehmen. Das Verhältnis des in der Luft wirklich vorhandenen Wasserdampfes zu dem grössten Betrage, der bei der augenblicklichen Temperatur möglich wäre, heisst „relative Feuchtigkeit". Dieses Verhältnis wird auf den Nenner 100 gebracht; die relative Feuchtigkeit wird also in Prozenten angegeben, sodass 100% Sättigung bedeutet.

Die relative Feuchtigkeit ist für unser eigenes Wohlbefinden von der allergrössten Wichtigkeit. Ist sie sehr niedrig, die Luft also trocken, so ist Schlaflosigkeit, Hauttrockenheit und Durst die Folge, und Erkrankungen der Atmungsorgane werden begünstigt (Katarrh); ist sie sehr hoch, die Luft also sehr feucht, so wird die Ausdünstung des Körpers behindert. Gesellen sich zur hohen relativen Feuchtigkeit hohe Temperatur und Windstille, so haben wir das Gefühl der Schwüle.

Die eigenartigen Beziehungen zwischen der absoluten Feuchtigkeit, der relativen Feuchtigkeit und der Lufttemperatur möge ein Beispiel illustrieren:

Nehmen wir an, bei 20° Lufttemperatur enthalte jedes Kubikmeter Luft 9.5 g Wasser. Da Luft von 20°, wie die Tabelle III zeigt, 17.3 g pro cbm aufnehmen kann, so ist die relative Feuchtigkeit $\frac{9.5}{17.3} = 55\%$.

Während wir nun den Feuchtigkeitsgehalt unverändert lassen, nehmen wir an, dass sich die Luft — nachts, durch

Ausstrahlung — von 20^0 auf 15^0 abkühlt, dann kann sie nur noch 12.8 g Wasser pro cbm aufnehmen (Tabelle III). Da sie immer noch 9.5 g enthält, ist die relative Feuchtigkeit jetzt $\frac{9.5}{12.8} = 74\%$, also um 19% grösser als vorher bei 20^0. Durch Abkühlung der Luft wächst also die relative Feuchtigkeit, wenn die absolute Feuchtigkeit unverändert bleibt. Die Temperatur der Luft ist also auf die Feuchtigkeitsverhältnisse von grossem Einfluss.

Nun möge sich die Luft wieder um 5^0 abkühlen, sodass sie bei 10^0 nur noch 9.5 g pro cbm in gasförmigem Zustande aufnehmen kann, also gerade soviel wie sie unsrer Annahme nach enthält. Die relative Feuchtigkeit ist $\frac{9.5}{9.5} = 100\%$. Die Luft ist gesättigt. Und die Temperatur, bei der diese Sättigung eintritt, bis zu welcher man also die Luft abkühlen muss, um Sättigung zu bekommen, heisst der Taupunkt. Der Taupunkt ist also eine Lufttemperatur!

Jede weitere Abkühlung der Luft unter ihren Taupunkt hat Nebelbildung, Wolken und Niederschläge zur Folge. Ist sie beispielsweise auf 5^0 abgekühlt, so kann sie nur noch 6.8 g pro cbm enthalten, 9.5 — 6.8 = 2.7 g Wasser müssen also aus jedem Kubikmeter herausgefallen sein. Die absolute Feuchtigkeit ist von 9.5 auf 6.8 gesunken, während die relative Feuchtigkeit unverändert 100% geblieben ist.

Wir entnehmen daraus, dass man die Feuchtigkeitsverhältnisse niemals durch eine Zahl allein bezeichnen kann; die Angabe der relativen Feuchtigkeit nützt uns nichts, wenn wir nicht die absolute oder die Temperatur kennen. Es gehören also immer zwei Angaben dazu: Temperatur und absolute Feuchtigkeit, absolute und relative Feuchtigkeit oder Temperatur und relative Feuchtigkeit. Die letzte Zusammenstellung ist wohl am gebräuchlichsten.

Zur Messung der relativen Feuchtigkeit gebrauchen wir ein Instrument, das man Haarhygrometer nennt (Fig. 21). Es enthält als wesentlichsten Bestandteil ein entfettetes menschliches Haar (oder ein Bündel). Dieses dehnt sich aus, wenn

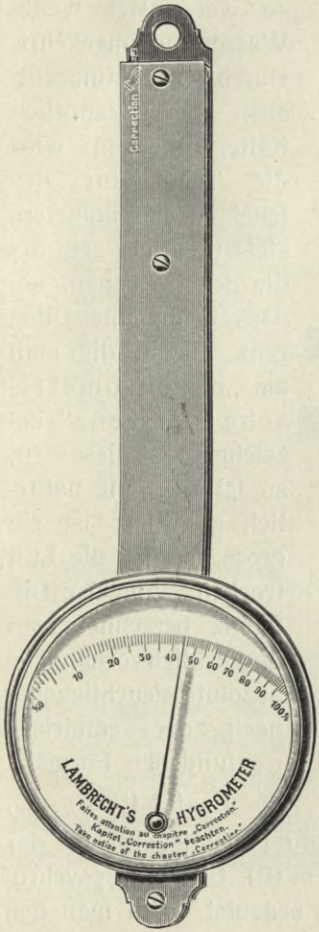
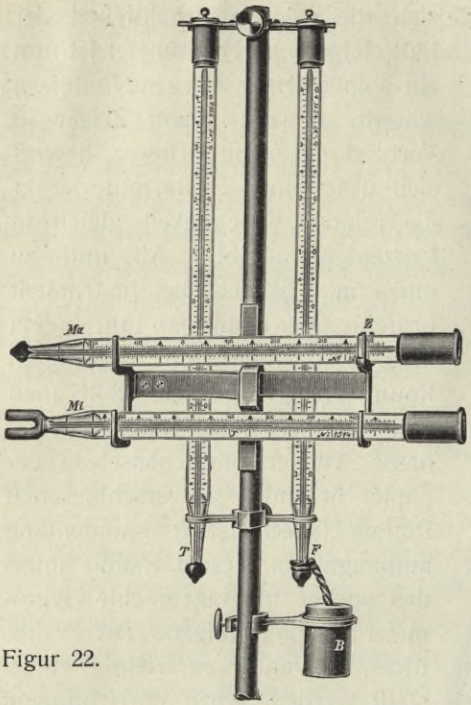


Fig. 21.
Haarhygrometer.
(W. Lambrecht, Göttingen.)

sich die relative Feuchtigkeit der Luft steigert. Im Hygrometer ist nun ein solches Haar um eine Rolle gewickelt, die mit einem Zeiger in Verbindung steht. Dieser bewegt sich über einer Skala, auf der er die relative Feuchtigkeit gleich in Prozenten angibt. Ab und zu muss man jedoch das Instrument prüfen. Das kann man tun, indem man es in einen völlig gesättigten Raum bringt. Diesen stellt man dadurch her, dass man triefend nasse Tücher oder nasses Löschpapier in einem gut verschlossenen Raume (Blechkasten) stundenlang aufhängt. In diesem Raume muss das vorher hineingebrachte Hygrometer 100% anzeigen. Tut es dies nicht, so muss es richtig eingestellt werden, wozu Vorrichtungen (Schlüssel etc.) an jedem Apparat vorhanden sind.

In der wissenschaftlichen Meteorologie benutzt man zur Feststellung der Luftfeuchtigkeit (der absoluten Feuchtigkeit, des Dampfdruckes und der relativen Feuchtigkeit) als Normalinstrument das Psychrometer (Fig. 22). Es besteht aus einem trockenen und einem feuchten Thermometer. Das erstere gibt die gewöhnliche Temperatur der Luft an; die Kugel des zweiten wird stets feucht gehalten dadurch, dass man sie mit Musselin umwickelt, dem durch einen Docht aus einem Gefäss fortgesetzt Wasser zugeführt wird. Ist die Luft ziemlich feucht,



Figur 22.

Psychrometer nebst Extremthermometern. (R. Fuess, Steglitz.)

so verdunstet wenig Wasser und umgekehrt. Durch Verdunstung entsteht aber bekanntlich Kälte, und so wird die Temperatur des feuchten Thermometers stets niedriger sein als die des trockenen, sodass beide eine Differenz zeigen, die man als „psychrometrische Differenz" bezeichnet. Ist diese = 0, so ist die Luft natürlich gesättigt; ist sie gross, so ist die Luft trocken. Aus der Differenz berechnet man die wirklich vorhandene absolute Feuchtigkeit e nach der empirisch gefundenen Formel

$$e = E - 0.5\,(t - t^1)\,\frac{b}{755},$$

in welcher E die maximale absolute Feuchtigkeit bei der Temperatur des feuchten Thermometers (t^1), $t - t^1$ die psychrometrische Differenz, b den Luftdruck bedeutet. Will man den Dampfdruck haben, so setzt man für E den aus der Tabelle III des Anhanges ersichtlichen maximalen Dampfdruck. Die relative Feuchtigkeit ergibt sich dann als Quotient von dem wirklichen Feuchtigkeitsgehalt e und dem für die Temperatur des trockenen Thermometers (die Lufttemperatur) aus der Tabelle entnommenen maximalen Feuchtigkeitsgehalt (einerlei ob Dampfdruck oder absolute Feuchtigkeit). Da die Verdampfung am Psychrometer natürlich auch von der Wind-

geschwindigkeit abhängt, so verwendet man für wissenschaftlich exakte Messungen das Assmannsche Aspirationspsychrometer.

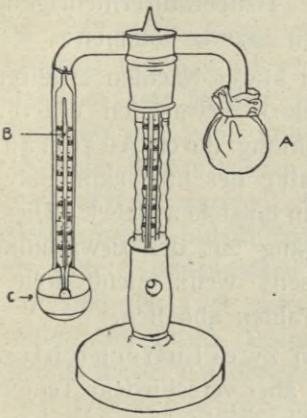


Fig. 23. Daniellsches Taupunkt-Hygrometer.

Erwähnt sei noch das Daniellsche Hygrometer (Fig. 23), mit dessen Hilfe man den Taupunkt findet. Lässt man auf die Umhüllung rechts (A) Aethertropfen fallen, so verdampfen sie und kühlen das in der Röhre eingeschlossene Gas nach und nach ab, sodass schliesslich die polierte Kugel C links mit Tau bedeckt wird. Die von dem eingeschlossenen Thermometer B gleichzeitig angezeigte Temperatur ist der Taupunkt.

Man kann den Taupunkt auch aus der Lufttemperatur und der relativen Feuchtigkeit berechnen. Bleiben wir bei unserem obigen Beispiel: Luft von 20° hatte 55% relative Feuchtigkeit. Nach Tabelle III könnte sie bei 20° 17.3 g enthalten. Da sie nur 55% gesättigt ist, enthielt sie in Wirklichkeit nur $17.3 \cdot \frac{55}{100} = 9.5$ g pro cbm. Jetzt brauchen wir nur in Tabelle III nachzusehen, bei welcher Temperatur 9.5 der grösstmöglichste Feuchtigkeitsgehalt ist. Wir finden 10.0°. Das ist der Taupunkt.

Von praktischem Wert für die Landwirtschaft ist es häufig, im Frühjahr und Herbst an klaren Abenden zu wissen, ob Nachtfrost eintritt, d. h. ob in der Nacht die Temperatur so weit sinken wird, dass sie den Gefrierpunkt unterschreitet, oder ob schon vorher Nebel auftritt, der die weitere Wärmeausstrahlung der Luft verhindert. Die Frage läuft also darauf hinaus, ob der Taupunkt über oder unter dem Gefrierpunkt liegt. Finden wir mittels der eben geschilderten Methode der Taupunktsbestimmung, dass abends bei Sonnenuntergang der Taupunkt noch einige Grade über Null liegt, so kann man damit rechnen, dass Nachtfrost nicht eintritt.

5. Wolken.

Wir haben soeben gesehen, dass bei Abkühlung der Luft Tropfenbildung eintritt. Die zur Entstehung feiner Wassertröpfchen in der Luft erforderliche Temperaturerniedrigung kann nun auf verschiedene Weise zu Stande kommen:

a. Durch Ausstrahlung. In klaren Nächten erfahren der Erdboden und die tagsüber stark erwärmten unteren Luftschichten eine erhebliche Abkühlung durch Ausstrahlung der Wärme. Die Temperatur der Luft kann dabei unter den Taupunkt sinken, und dann entstehen Nebel. Diese pflegen sich aber nach Sonnenaufgang mit der Erwärmung der unteren Luftschichten aufzulösen, wenn nicht höhere Wolken die Wirkung der Sonnenstrahlen abhalten.

b. Durch Mischung. Wenn zwei Luftschichten, die beide dem Taupunkte nahe sind, aber verschiedene Temperaturen haben, sich miteinander vermischen, so kann die Mischung eine Temperatur haben, welche unter dem Taupunkt liegt, sodass geringe Kondensation erfolgen muss. Das beobachtet man in geringem Masse z. B. im Winter beim Atem.

c. Durch aufsteigende Luftströme. Von weitaus grösserer praktischer Bedeutung für die Wolkenbildung ist jedoch die Abkühlung, die immer dann eintritt, wenn Luft aus irgend einem Grunde aufsteigt. Wie die Luft lediglich durch ihre Aufwärtsbewegung auf eine niedrigere Temperatur kommen kann, zeigen folgende Überlegungen:

Wir gehen davon aus, dass Luft im gleichmässigen Aufsteigen begriffen ist (Zustand a); sie kommt dabei unter geringeren Luftdruck (b); die Luft, die unter geringeren Druck kommt, dehnt sich infolge ihrer grossen Elastizität aus (c); wie in der Physik gelehrt wird, kühlt sich Luft bei der Ausdehnung ab (d); auf Seite 62 ff ist ferner gezeigt, dass, wenn Luft sich abkühlt, sie ihrem Taupunkt näher kommt, also bei immer weiter fortschreitender Abkühlung der in der Luft stets vorhandene Wasserdampf sich in Form von Tropfen

kondensieren muss (e); aus diesen 5 Tatsachen geht also hervor, dass ein aufsteigender Luftstrom Wolken bilden muss.

Das Gegenteil ist bei abwärtsgerichteten Luftströmungen der Fall. Die Kette der Tatsachen lautet hier folgendermassen: Die Luft ist in fortwährender Abwärtsbewegung (Zustand a); sie kommt infolgedessen unter höheren Luftdruck (b); Luft, die unter höheren Druck kommt, wird komprimiert (c); beim Komprimieren wird die Luft nach den Gasgesetzen erwärmt (d); warme Luft kann aber mehr Wasserdampf in gasförmigem (unsichtbarem) Zustand in sich aufnehmen, als kalte. Infolgedessen lösen sich etwa vorhandene Wolken auf, und die Luft entfernt sich beim Wärmerwerden stets weiter von ihrem Taupunkt, sie wird trocken (e); das Ergebnis dieser 5 Überlegungen ist, dass bei absteigender Luft trockenes und heiteres Wetter herrscht.

Die Erklärung der Folgerungen d und e machen deshalb Schwierigkeiten, weil man dazu die Gay-Lussacschen Gasgesetze in ihrer weiteren Form kennen muss. Man kann aber die Tatsache, dass feuchte Luft, wenn sie unter geringeren Druck kommt, Wolken bildet, sehr schön durch das Experiment erklären. Das einfachste Experiment ist die Öffnung einer Weinflasche. In dieser entsteht beim Korken ein hoher Druck, unter dem also das kleine Quantum Luft im Flaschenhalse steht. Entkorkt man die Flasche, so dehnt sich das Luftquantum aus, kühlt sich ab und bildet Nebel.

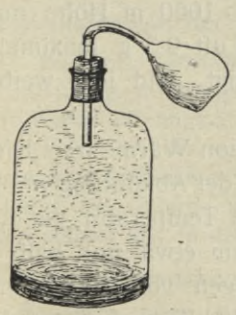


Fig. 24. Nebelbildung in einer Flasche.

Aber es gibt ein noch schöneres Experiment, das man beliebig wiederholen kann. Dazu bedarf man einer gut durchsichtigen, mit etwas Wasser gefüllten Flasche, durch deren Pfropfen eine Glasröhre führt; an dem freien Ende dieser Röhre befindet sich ein Gummiball (s. Fig. 24). Sobald man auf den Gummiball drückt, erhöht man den Luftdruck im Innern der Flasche und erwärmt die Luft etwas infolge der Kompression. Schüttelt man nun das Wasser in der Flasche um, so nimmt die Luft entsprechend ihrer erhöhten Temperatur eine gewisse Quantität Wasser in dampfförmigem Zustande auf.

Nun lässt man den Gummiball los; dann dehnt sich das Luftquantum in der Flasche wieder aus, kühlt sich ab, und es entsteht deutlicher Nebel in der Flasche, welcher vergeht, sobald man wieder auf den Gummiball drückt, und jedesmal von neuem entsteht, wenn der Druck aufhört. Das Experiment ist sehr einfach und sehr überzeugend.

Ein aufsteigender Luftstrom kann z. B. entstehen, wenn sich Gebirge einem bis dahin horizontal sich bewegenden Luftstrom in den Weg stellen (s. Fig. 25). Die

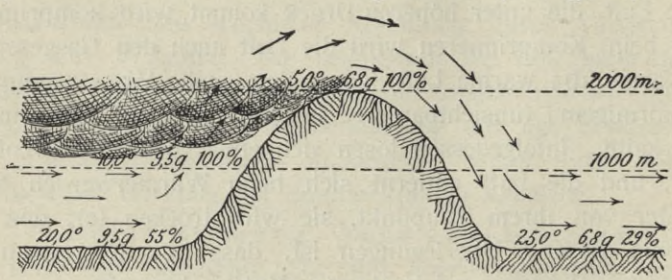


Fig. 25. Föhn.

Seite, an der der Wind ankommt, heisst Luvseite, die andere ist die Leeseite. Nehmen wir an, dass eine verhältnismässig trockene und warme Luftmasse am Fusse eines Gebirges von 2000 m Höhe mit einer Temperatur von 20° und 9.5 g Feuchtigkeitsgehalt ankommt. Ihre relative Feuchtigkeit beträgt dann 55%. Während sie an dem Gebirge emporsteigt, kühlt sie sich, wie leicht zu behalten ist, für je 100 m um 1° ab und besitzt also in 1000 m Höhe noch eine Temperatur von 10°. Da diese Luft 9.5 g maximalen Dampfgehalt hat, ist sie gerade gesättigt, und jede weitere Abkühlung führt zur Kondensation.

Nun wird aber bei der Kondensation Wärme frei. Diese allmählich frei werdende Wärme wirkt der Abkühlung infolge des Emporsteigens entgegen, sodass die Temperatur der aufsteigenden Luft im Kondensationsstadium etwa nur halb so schnell sinkt als vorher. Beim Aufsteigen von 1000 m auf 2000 m wird die Luft um etwa 5° abgekühlt werden, auf dem Gipfel des Berges also mit einer Temperatur von 5° ankommen, wobei sie nur noch 6.8 g maximalen Feuchtigkeits-

gehalt haben kann. Nun beginnt der Abstieg der Luft. Nehmen wir an, dass alle überschüssige Feuchtigkeit aus ihr herausgefallen ist, so müssen wir erwarten, dass sie nunmehr für je 100 m, um die sie sinkt, 1^0 an Temperatur gewinnt. Sie muss also am Fusse des Berges jetzt mit einer Temperatur von 25^0 anlangen, die 23.1 g Feuchtigkeit halten könnte. Da sie aber nur 6.8 g besitzt, so ist ihre relative Feuchtigkeit ausserordentlich gering, nämlich nur 29%.

Die Luft ist also beim Überschreiten eines 2000 m hohen Berges um 5^0 wärmer und um 26% trockener geworden. Sie hat pro Kubikmeter 2.7 g Wasser verloren, also rund 3 g; bei einer 1000 m hohen Luftsäule macht das 3 kg (oder 3 l) pro Quadratmeter. Das bedeutet eine Regenhöhe von 3 mm.

Aus diesem Beispiele sehen wir, warum die Niederschlagshöhen auf Gebirgen immer grösser sind als in ganz benachbarten ebenen Gegenden. Wir sehen aber auch, dass der ganze Niederschlag auf der Seite des Gebirges fallen muss, an der die Luft emporsteigt; das ist die dem Winde zugewandte, die Luvseite. Wenn nun in einer gebirgigen Gegend die Winde vorherrschend aus einer Richtung wehen, so müssen alle im „Windschatten", d. h. auf der Leeseite liegenden Ebenen durch geringe Niederschlagsmengen ausgezeichnet sein. Das finden wir in der Heimatkunde und in der Klimatologie der fremden Länder immer wieder bestätigt.

Die oben erörterten meteorologischen Vorgänge, die sich an die ein Gebirge übersteigende Luft anschliessen, sind aber auch deshalb von grosser Wichtigkeit, weil sie den Föhn verursachen, der nichts anderes ist, als der von der Leeseite herunterkommende trockene und warme Luftstrom. Er tritt um so auffallender in Erscheinung, je höher das Gebirge ist, das ihn verursacht, mithin nördlich der Alpen stärker als im deutschen Mittelgebirge.

Die Kondensation des Wasserdampfes erfolgt entweder im flüssigen oder im festen Aggregatzustande. Solange die Lufttemperatur über dem Gefrierpunkt ist, entstehen zunächst winzige Tröpfchen von etwa $^1/_{100}$ mm Durchmesser, nicht

etwa Wasserbläschen, wie man früher meinte. Die Regentropfen entstehen dann durch Zusammenfliessen der Tröpfchen. Bisweilen findet man noch mehrere Grade unter dem Gefrierpunkt Wolken, welche nur aus Tröpfchen bestehen. Im allgemeinen erfolgt aber, besonders bei stärkerem Frost, die Kondensation in kleinen Eiskristallen, deren ursprüngliche Form Eisnadeln, Sternchen, Säulen oder Plättchen sind. Durch Zusammenballen dieser Kristalle entstehen die Schneeflocken.

Wird die Luft bei atmosphärischen Störungen schnell in die Höhe gerissen und abgekühlt, so entstehen unregelmässige Eisgebilde, die Graupeln und Hagelkörner. Ihre erstaunliche Grösse erhalten diese wahrscheinlich dadurch, dass sie von den Luftwirbeln mehrmals auf und nieder geworfen werden, dabei abwechselnd in kalte und warme Luftschichten gelangen, tauen und wieder gefrieren und dabei sich mit anderen Regentropfen und Schneeflocken vereinigen.

Man sollte meinen, dass die Regentropfen und Eiskristalle doch bald aus der Luft, welche zur Kondensation gelangt, herausfallen müssten. Das ist natürlich auch der Fall. Solange aber die Kondensationsprodukte noch klein sind, fallen sie nur ganz langsam, wenige Zentimeter in der Sekunde, sodass sie der aufsteigende Luftstrom, dem sie ihre Entstehung verdanken, mit emporreisst. Oft kommt es auch vor, dass sich im oberen Teile einer wolkenbildenden Luftmasse stets wieder aufs neue Tröpfchen und Eiskristalle bilden, während sie unten herausfallen und wieder verdunsten.

Eine Wolke ist also kein beständiges Gebilde, sie ist nur ein Prozess, durch den ein Teil einer Luftmasse sichtbar wird. Es ist ein stetes Entstehen und Vergehen.

Man unterscheidet die Wolken nach ihrer Höhe, ihrer Zusammensetzung und ihrer äusseren Form. Folgende Übersicht gibt näheren Aufschluss:

I. Obere Wolken, mittlere Höhe 5000 bis 9000 m

1. Federwolken *(Cirrus)*, einzeln, faseriges

Gewebe, band- oder federartige Form, meist blendendweiss. (Fig. 26).

Aufnahme des Kgl. Preuss. Met.-Magn. Observatoriums Potsdam.

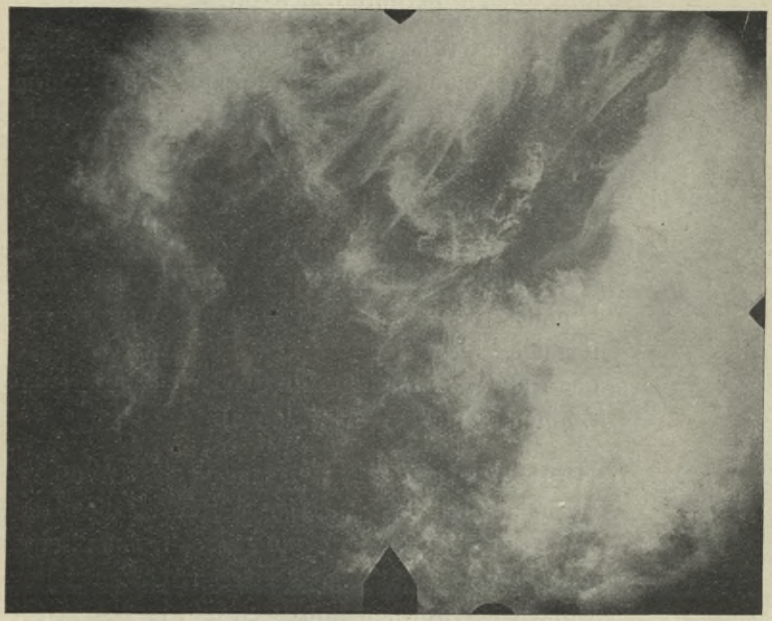


Fig. 26. *Cirrus.*

2 Schleierwolken *(Cirro-Stratus)*. Feiner weisslicher Schleier, mehr oder weniger den ganzen Himmel bedeckend; bestehen wie die Federwolken nur aus Eisnadeln und bewirken deshalb wie diese Halo-Erscheinungen (Sonnen- und Mondringe).

3. Schäfchen *(Cirro-Cumulus)*, kleine Ballen in Gruppen oder Reihen angeordnet, keine oder schwache Randschatten.

II. Mittelhohe Wolken, mittlere Höhe ca. 4000 m, meist aus Tröpfchen bestehend.

4. Grobe Schäfchen *(Alto-Cumulus)*, dickere Ballen, weiss bis blaugrau, werfen Schatten; ihre Ränder berühren sich oft.

5. Hohe Schichtwolken *(Alto-Stratus)*, dichter Schleier, blaugrau bis bräunlich; vor Sonne oder Mond einen Hof bildend.

III. Untere Wolken, mittlere Höhe 1000 bis 3000 m.

6. Ausgebreitete Haufenwolke *(Strato-Cumulus)*, dunkle Ballen oder Wülste, den ganzen Himmel bedeckend und ihm oft ein wogenförmiges Aussehen gebend (Fig. 27); oft bricht das Blau des Himmels durch oder divergierende Sonnenstrahlen (Wasserziehen).

7. Haufenwolke *(Cumulus)*, sehr mächtige Wolken, oben gerundet, turmartige Kuppen, blendend weiss an der von der Sonne beschienenen Seite, dunkel auf der entgegengesetzten; Schönwetterwolken der warmen Jahreszeit (s. Fig. 28). Geht bisweilen über in die Gewitterwolke *(Cumulo-Nimbus)*. Gewaltige Wolkenmassen oft bis 9000 m Höhe reichend, mächtige Schneegebirge vortäuschend, meist von einem Schleierwolkenschirm bedeckt, nach unten regenwolkenartig, lebhaft in Bewegung, daher schnelle Verschiebungen (s. Fig. 31).

8. Niedrige Schichtwolke *(Stratus)*, niedrig, weissgrau, wagerecht geschichtet, sonst ohne bestimmte Form (s. Fig. 28).

9. Die regnende Wolke nennt man *Nimbus*.

Aufnahme des Kgl. Preuss. Met.-Magn. Observatoriums Potsdam.

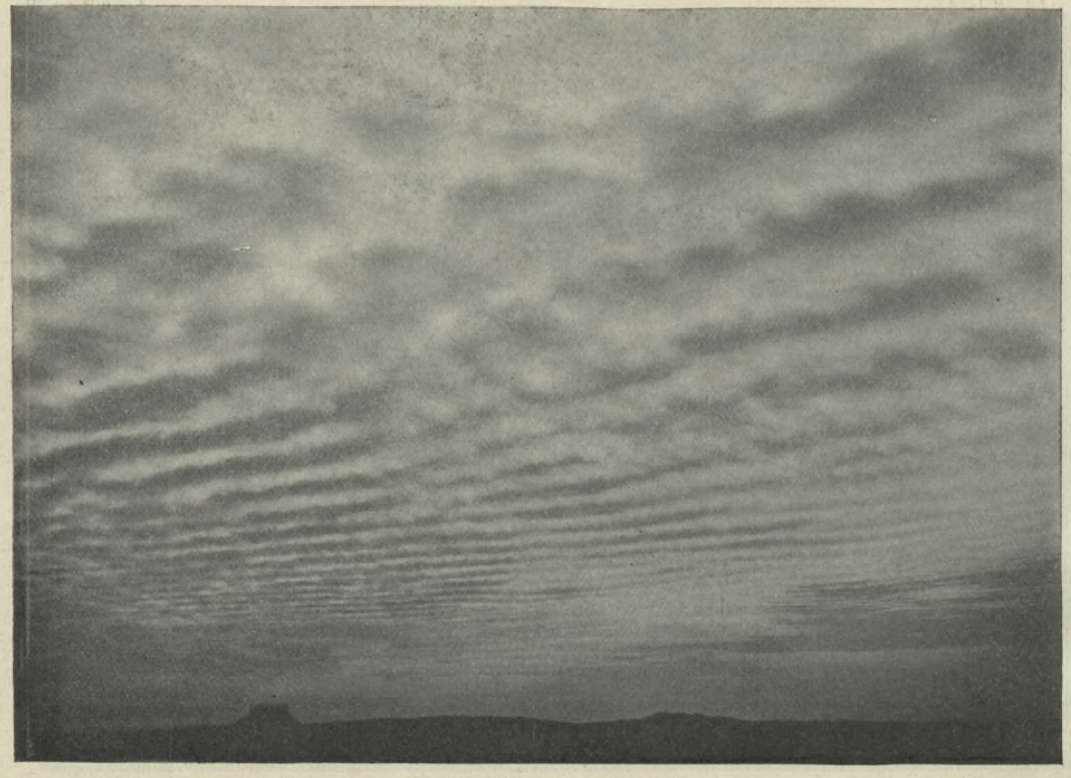


Fig. 27. Wogenwolken.

Aufnahme des Kgl. Preuss. Met.-Magn. Observatoriums Potsdam.

Fig. 28. Cumulus und Alto-Stratus.

Aufnahme des Kgl. Preuss. Met.-Magn. Observatoriums Potsdam.

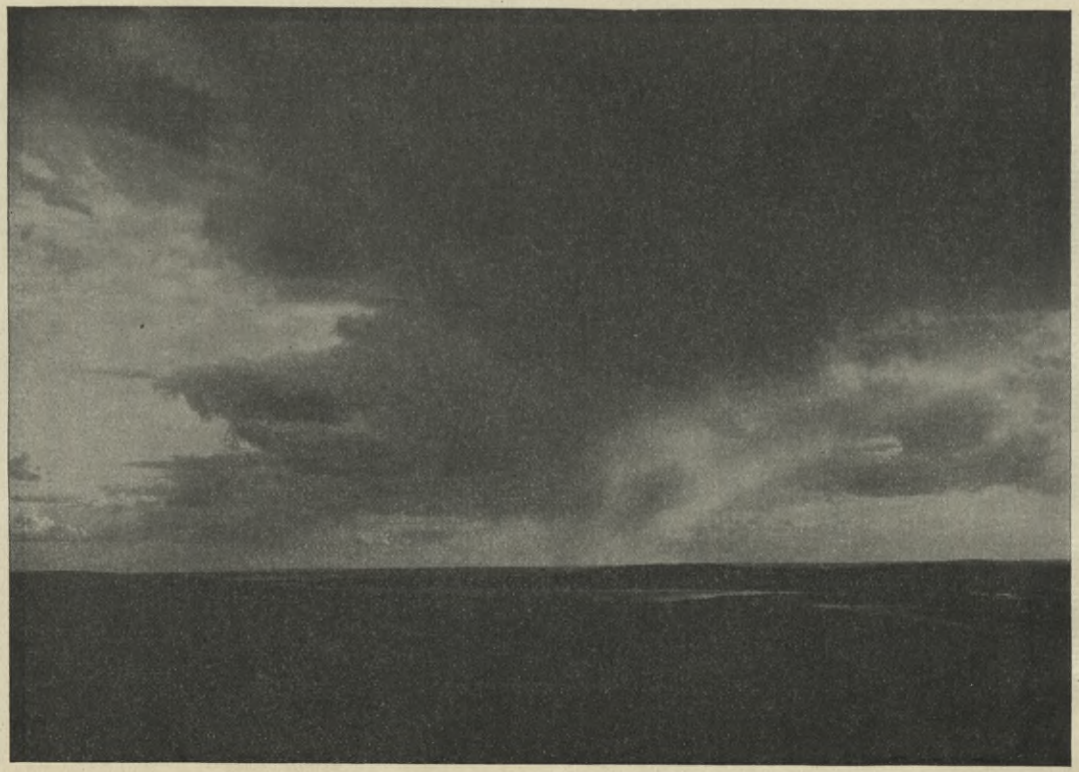


Fig. 29. Böenfront *(Nimbus)*.

6. Niederschläge und Regenmesser.

Wenn die aus Nebel oder Wolken ausgefallene Feuchtigkeit der Erde in irgend einer Form zurückgegeben wird, so spricht man von „Niederschlägen". Geschieht das in Gestalt von Tau, Reif oder Rauhreif, so handelt es sich nur um geringe Mengen niedergehender Feuchtigkeit; Graupeln, Hagel und Schnee transportieren bedeutend mehr, am meisten aber der Regen.

Die Niederschläge sind das im gewöhnlichen Leben am meisten beachtete Wetterelement. Durch ihr Verhalten lässt man sich in erster Linie bestimmen, von gutem oder schlechtem Wetter zu sprechen. Der Spaziergänger fürchtet sie immer, der Landmann manchmal, besonders in der Erntezeit und als Hagel; meistens aber ist ihm der Regen willkommen, da dieser zu den Hauptbedingungen des Pflanzenwuchses zu zählen ist.

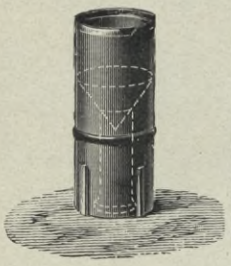


Fig. 30.

Als Mass der Niederschläge gilt die Höhe, in welcher sie die Erde bedecken würden, falls kein Tropfen von ihnen verdunstete, versickerte oder abflösse. Zur Messung bedarf man eines besonderen Messapparates, des Regenmessers (Fig. 30). Er soll die Niederschlagshöhe in mm Wasserhöhe angeben. Ist 1 mm Regen gefallen, so liegen auf 1 qm 1 000 000 cbmm = 1000 cbcm = 1 Liter. Daher kann man statt in mm Regenhöhe die Niederschläge auch in *l* pro qm angeben; man erhält beidesmal dieselben Zahlen. 2 mm Regen bedeutet also 2 *l* auf 1 qm.

Hat man die Niederschläge auf ein Dach von 200 qm in einem grossen Regenfass aufgefangen, so weiss man, dass bei 2 mm Regenhöhe die angesammelte Wassermenge $200 \times 2\,l = 400\,l$ beträgt.

Der Regenmesser besteht im wesentlichen aus einem Blechgefäss mit rundem Trichterboden. Am verbreitetsten ist das oben abgebildete sehr einfache Instrument von R. Fuess. Bei dem abgebildeten Modell steht unter der engen Trichteröffnung als Auffanggefäss gleich ein mit Skala versehenes Messglas, in welchem sich der in den Trichter gefallene Regen ansammelt.

Es fällt auf, dass die mm-Höhen des Messglases stark vergrössert sind. Das liegt daran, dass der Querschnitt des Blechgefässes viel grösser ist, als der des Messglases (gewöhnlich 5 oder 10 mal so gross). Mithin muss 1 mm Regen im Messglas durch eine Höhe von 5 resp. 10 mm bezeichnet werden. Kurz: die mm des Messglases sind vergrössert im umgekehrten Verhältnis seines Querschnittes zu dem des Auffanggefässes. — Beim Ablesen der gefallenen Regenmengen am Messglase muss man darauf achten, dass man dieses nicht schief hält. Zur Vermeidung von Fehlern stellt man es am besten immer auf eine ebene Unterlage.

Ist Schnee gefallen, so muss man ihn zunächst bei mässiger Zimmertemperatur schmelzen lassen. Das geht nicht sehr schnell. Wenn man keinen Ersatzapparat hat und es während der Beobachtung schneit, so wird es sich empfehlen, das Einschmelzen durch Zusatz von warmem Wasser zu beschleunigen, das nachher natürlich wieder abgezogen werden muss.

Die Aufstellung des Regenmessers soll so sein, dass sich in seiner Nähe keine hohen Gegenstände befinden, die weniger als um ihre eigene Höhe von ihm entfernt sind. Er muss also frei stehen. Es ist Vorschrift, ihn in Höhe von etwa 1 m anzubringen.

7. Gewitter.

Das Gewitter ist eine atmosphärische Störung, welche durch schnell aufsteigende, begrenzte Luftströme hervorgerufen wird. Durch die schnelle Abkühlung der aufsteigenden Luft entstehen gewaltige Cumuluswolken (s. Fig. 31), aus denen in grosser Höhe weissstreifige Gewittercirren hervorgehen, welche häufig ein amboss- oder turmartiges Aussehen haben (Hageltürme). Charakterisiert wird das Gewitter durch die dabei auftretenden elektrischen Entladungen, deren eigentliche Ursache noch nicht bekannt ist, die aber wahrscheinlich dadurch hervorgerufen werden, dass die Kondensation der abgekühlten feuchten Luft zunächst aus irgend einem Grunde verhindert wird, dann aber plötzlich und im grössten Umfange erfolgt.

Aufnahme des Kgl. Preuss. Met.-Magn. Observatoriums Potsdam.

Fig. 31. Gewittercirren über einem Cumulo-Nimbus

Die Gewitter entstehen entweder vereinzelt in besonders dazu geeigneten Gegenden (lokale Gewitter), oder in einer ausgedehnten, oft mehrere 100 km langen Front, welche walzenartig senkrecht zu ihrer Längserstreckung über das Land hinwegzieht (Frontgewitter) s. Fig. 31. Im letzteren Falle pflegt den Gewittern stets eine merkliche und dauernde Abkühlung zu folgen, welche bei den lokalen Gewittern meist ausbleibt.

Unter Wetterleuchten versteht man entweder entfernte Gewitter, deren Donner nicht zu uns gelangt, oder auch häufig allmähliche Entladungen der nach einem Gewitter übriggebliebenen hohen Wolken.

8. Optische Erscheinungen.

Hier brauchen nur dreierlei optische Erscheinungen erwähnt zu werden, der Regenbogen, die Haloerscheinungen (Sonnen- und Mondring) und die Kranzerscheinungen (Sonnen- und Mondhof).

Regenbogen entstehen dadurch, dass die von der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen in jedem einzelnen grösseren Regentropfen an dessen Oberfläche einmal oder mehrere Male reflektiert werden, wobei bei Eintritt des Lichtstrahles in das dichtere Medium des Wassers und beim Austritt in die dünnere Luft das Sonnenlicht gebrochen und in seine Farben zerlegt wird (vergl. Tautropfen, Springbrunnen). Der innerste Kreis des Regenbogens hat die rote Farbe, ihr folgen im allmählichen Übergang orange, gelb, grün, blau, violett. Bisweilen sieht man dieses farbige Band mehrfach übereinanderliegen. Der Regenbogen steht, vom Beobachter aus gesehen, stets der Sonne direkt gegenüber. Er erscheint nur bei tieferem Sonnenstande, also morgens und abends, selten um Mittag.

Die Haloerscheinungen oder Ringe entstehen durch Reflexion des Sonnenlichtes in den Schneekristallen der Cirruswolken. Meistens erscheint nur ein einziger, in weitem Abstande um die Sonne herum ($22^1/_2{}^0$) sichtbarer heller Ring, dem oft in doppeltem und vierfachem Abstande noch andere folgen. Seltener ist ein durch die Sonne hindurchgehender, dem Horizont parallel verlaufender Lichtring. In diesen Ringen

rechts und links der Sonne, genau über und unter ihr erscheinen Nebensonnen. Zur besseren Beobachtung des Sonnenhalos muss man die Sonne stets mit der Hand abdecken. Mondringe werde daher häufiger beobachtet.

Kranzerscheinungen entstehen durch Beugung des Lichtes. In der Physik wird gelehrt, dass, wenn ein Lichtstrahl durch einen engen Spalt hindurchfällt, man auf der gegenüberliegenden Wand nicht nur das eine helle Bild des Spaltes sieht, sondern eine Reihe von Spaltbildern, von welchen das mittelste das hellste ist, während die übrigen rechts und links an Helligkeit allmählich abnehmen. Die Erscheinung heisst „Beugung". In der Luft übernehmen die Rolle des Spaltes die vielen kleinen Wassertröpfchen und Eiskristalle, durch welche das Sonnen- und Mondlicht hindurchscheinen muss. Die beim Hindurchfallen dieses Lichtes durch dünne Wolken oder Dunst entstehenden vielen kleinen Ringe um die Sonne und den Mond erscheinen dann als Höfe, die häufig nur in geringer Breite sichtbar sind, bisweilen aber auch eine grössere Ausdehnung bekommen und dann farbige Ränder aufweisen, und zwar aussen rot und innen blau.

9. Der meteorologische Beobachtungsdienst in der Schule.

Wer zum Verständnis der Wetterkunde gelangen will, der muss einige Zeit lang systematische Beobachtungen der meteorologischen Elemente angestellt haben. Das ist ein Erfahrungsatz, dessen Wahrheit vielleicht nicht jedem sofort einleuchtet, den aber jeder bestätigen wird, der sich mit Wetterkunde eingehender beschäftigt hat.

Zwar verfolgen viele Leute, vielleicht die meisten, schon jetzt die Witterung; aber immer nur dann, wenn sie besonders interessant ist, und auch dann nur ein oder einige Elemente. Bei starkem Frostwetter interessiert das Minimumthermometer, bei tiefem Luftdruck das Barometer u. s. w. Das ist aber nicht der richtige Weg und verführt dazu, einseitige Regeln für richtig zu halten. Wenn z. B. die Ansicht weit verbreitet ist, dass das Wetter bei

Mondwechsel sich ändert, so beruht das darauf, dass man sich nur die Fälle merkt, wo bei Mondwechsel eine Wetteränderung eintritt, und die entgegengesetzten Fälle entweder nicht bemerkt oder wieder vergisst. Wenn der wetterkundliche Unterricht dazu beitragen könnte, die Menschheit zum objektiven Beobachten und Beurteilen zu erziehen, so würde das einen Kulturfortschritt bedeuten.

Bei den Beobachtungen müssen feste Grundsätze herrschen: Stets soll nach demselben festliegenden Schema beobachtet werden, da sonst die Gefahr naheliegt, das eine oder andere Wetterelement zu vernachlässigen. Täglich muss beobachtet werden; immer zu denselben Stunden; pünktlich auf die Minute, gleichgültig ob es einmal unbequem ist; die aufgeschriebene Zahl darf nachträglich nicht nach Gutdünken korrigiert werden. Was geschrieben ist, bleibt.

Nach langen Versuchen hat sich als zweckmässig herausgestellt, den meteorologischen Beobachtungen in der Schule eine Tabelle zugrunde zu legen, von welcher am Schlusse des Buches zwei ausgefüllte Formulare beigefügt sind. Wir wollen sie hier eingehend besprechen:

An den Kopf der Tabelle haben die jeweiligen Beobachter ihren Namen zu setzen, damit eine Kontrolle möglich ist.

In die erste Spalte wird das Datum eingetragen, in die zweite der Barometerstand ohne jede Korrektur in ganzen Millimetern. Von Bruchteilen kann in der Schule überhaupt bei allen Ablesungen abgesehen werden.

Unter den Spalten unserer Beobachtungstabelle finden sich vier, in die wir Zahlen für die Temperatur eintragen. Von diesen sind aber die drei ersten — Stand des Thermometers bei der Ablesung, Maximum und Minimum — nicht geeignet, weder einzeln noch in ihrer Gesamtheit ein ausreichendes Bild von den Wärmeverhältnissen eines Tages zu geben. Die Zahl, die uns die Temperatur am Beobachtungstermin angibt, sagt über die wahre Tagestemperatur sehr wenig, da wir sie nur einmal täglich ablesen. Wir würden ganz verschiedene Werte finden, je nach der Zeit, zu der wir

beobachten; denn jedermann weiss, dass es um die Mittagszeit wärmer ist als gegen Morgen und Abend, oder in der Nacht.

Am besten wäre es, wenn man alle Stunde die Lufttemperatur abläse, die 24 Stundenwerte addierte und durch 24 dividierte, dann hätte man das Tagesmittel der Temperatur.

Angenähert bekommt man dieses Tagesmittel, welches die Temperaturverhältnisse eines Tages mit einer Zahl darstellt, durch die Addition der Angaben des Maximum- und Minimumthermometers mit darauffolgender Division der Summe durch zwei. Eingehende Untersuchungen haben aber gezeigt, dass die Auffindung des Tagesmittels auch durch drei tägliche Beobachtungen geschehen kann, welche um 7 Uhr morgens, 2 Uhr nachmittags und 9 Uhr abends vorzunehmen sind. An diesen drei Terminen finden deshalb allgemein die meteorologischen Beobachtungen statt, (ausgenommen die den Wettervorhersagen dienenden). Man muss aber bei der angegebenen Zeitwahl zur Auffindung des Tagesmittels die Abendtemperatur doppelt in Rechnung setzen.

Folgende Beispiele mögen das erläutern:

Die Lufttemperatur war

um 7 Uhr	morgens	12°	Dann ist das Tagesmittel	
„ 2 „	mittags	20°	$\frac{12+20+16+16}{4}$	$= \mathbf{16^0}$
„ 9 „	abends	16°		

oder

7 Uhr	morgens	—3°	Das Tagesmittel ist dann	
2 „	mittags	+3°	$\frac{-3+3-2-2}{4}$	$= \mathbf{-1^0}$
9 „	abends	—2°		

Da wir in der Schule täglich nur einmal beobachten, so können wir das Tagesmittel der Temperatur nicht auf diese Weise finden. Legt man den Beobachtungstermin jedoch auf etwa 9 Uhr früh (im Sommer auf $8^1/_2$, im Winter auf $9^1/_2$ Uhr), so ist der abgelesene Thermometerstand dem Temperaturmittel im Durchschnitt ziemlich gleich zu achten. Findet aber die Beobachtung an einem anderen Termine statt, so setzen wir das von der nächsten meteorologischen Station beobachtete, auf der Wetterkarte veröffentlichte Temperaturmittel in die 4. Kolumne unserer Tabelle ein.

Die übrigen Wetterelemente zeigen die täglichen Schwankungen nicht in so ausgeprägter Weise wie die Temperatur. Ihre Tagesmittel berechnet man deshalb einfach, falls drei Beobachtungen stattfanden, indem man die dabei gewonnenen Zahlen zusammenzählt und dann durch 3 teilt. Die Schulwetterkunde sieht von diesen Mittelwerten ab und setzt die eine Beobachtung in ihre Tabellen.

Die Aufzeichnung der Bewölkung kann auf verschiedene Weise geschehen: Sehr bequem ist es, einen kleinen Kreis zu benutzen, wie er auf der Wetterkarte verwandt wird. Diesen füllt man zu $^1/_4$, $^2/_4$, $^3/_4$ oder ganz aus, wodurch die fünf Zustände wolkenlos, heiter, halbbedeckt, wolkig und bedeckt bezeichnet werden. Will man die Bewölkung genauer angeben, so kann man für sie, wie es auch in der wissenschaftlichen Meteorologie üblich ist, die Stufen von 1 bis 10 in Anwendung bringen, wobei 0 wolkenloser Himmel, 10 die zusammenhängende Wolkenschicht bedeutet. Die Bewölkungszahl muss durch Schätzung gefunden werden, und man hat sich dabei vor Täuschungen zu hüten. Um zu einem richtigen Urteil zu gelangen, denkt man sich alle sichtbaren Wolken zu einer ununterbrochenen Decke zusammengeschoben, deren Ausdehnung man mit dem freibleibenden Stück des Himmels vergleicht.

Die Bestimmung der Windrichtung ist oft mit Schwierigkeiten verbunden, da die meisten Wetterfahnen sich nur bei stärkeren Winden richtig einstellen. Man benutzt dann besser einen in der Nähe befindlichen rauchenden Schornstein, doch ist hier einige Vorsicht geboten, wenn man sich vor Täuschungen schützen will.

Können wir aus dem Wolkenzug gelegentlich etwas erfahren über die Richtung der oberen Winde, so tragen wir einen entsprechenden Vermerk ein; etwa so: Hohe Wolken aus SW.

Die Beobachtung der Niederschläge hat es in erster Linie mit solchen zu tun, die aus der Höhe niedergehen. Dabei verwenden wir folgende Zeichen: ⊘ Regen, ✳ Schnee, ▲ Hagel, △ Graupeln. Es ist wichtig, auch die Tageszeiten mit anzugeben, in denen sie fallen; v bedeutet vormittags,

n nachmittags, nt nachts. Fielen also vormittags zwischen 9 und 11 Uhr 6 mm Regen, so notieren wir unter der Rubrik „Niederschläge“: 6, ⊘ 9—11 v. Als Niederschläge am Boden kommen Tau, Reif, Rauhreif und Glatteis in Betracht. Tau und Reif können sich aus Nebel bilden durch fortschreitende Kondensation, und zwar entsteht Tau, wenn die Temperatur des Bodens über, Reif, wenn sie unter 0^0 liegt. Doch bilden sich beide auch unabhängig vom Nebel, indem aus der Erde ausströmender Wasserdampf sich sofort an den etwas hervorragenden Pflanzenteilen und Unebenheiten verdichtet. Rauhreif dagegen, der Bäume und Sträucher in herrliche Zierformen verwandeln kann, bildet sich nur, wenn unter den Gefrierpunkt abgekühlte Nebeltröpfchen feste, kalte Gegenstände berühren, wo sie zu feinen Eisnadeln erstarren, die dem Winde entgegenwachsen. Geht ein feiner Regen auf den unter 0 Grad abgekühlten Boden nieder, oder setzt nach starkem Frost plötzlich milde und feuchte Luft ein, so entsteht Glatteis.

Für die Niederschläge am Boden und sonstige bemerkenswerte Erscheinungen in der Atmosphäre verwenden wir folgende Zeichen: ⌓ Tau, ⊔ Reif, V Rauhreif, ≡ Nebel, ∽ Glatteis, T Donner, ↘ Blitz, ⊠ Gewitter, ∞ Dunst, ∞ Moorrauch, ⊕ Sonnenring, ⊖ Sonnenhof, ◖ Mondring, ∈ Mondhof, ⌒ Regenbogen, ⌔ Nordlicht.

Die Spalten „Tiere und Pflanzen“ wurden früher eingehend erwähnt.

Wir können uns so einrichten, dass wir für jeden Monat einen Beobachtungsbogen verwenden. Die 12 Blätter für das Jahr könnten nach Art eines Wochenkalenders vereinigt werden, nämlich so, dass das gefüllte Blatt jedesmal durch einen Querspalt des Kartons nach rückwärts durchgesteckt werden kann. Es bleiben dann alle Blätter vereinigt. Will man davon absehen, so genügt es auch, jedes Formular für sich mit Reissstiften befestigt auf einer Pappunterlage zu benutzen. Solche Beobachtungsformulare werden von F. B. Auffarth in Frankfurt a. M. hergestellt.

Dritter Teil.

Graphische Darstellung der meteorologischen Beobachtungen.

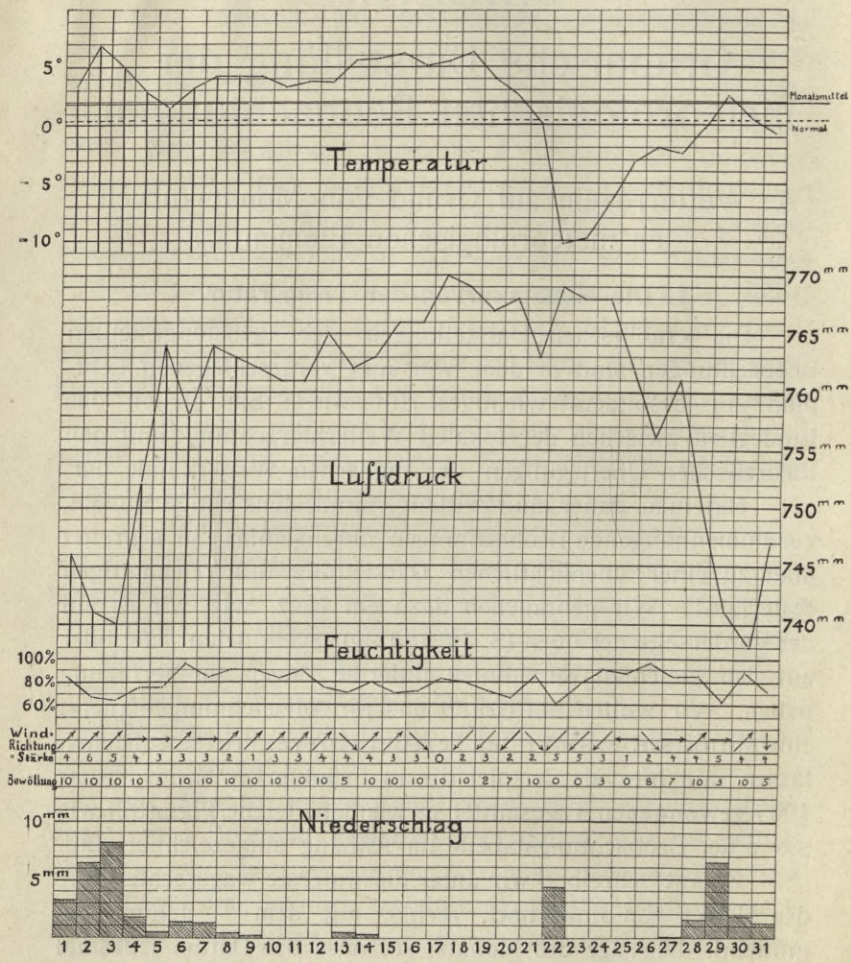
A. Wetterregeln auf Grund von Monatskurven der meteorologischen Elemente.

1. Die Monatskurven der Temperatur.

Die graphischen Darstellungen der selbstangestellten Beobachtungen sind in dem von uns vorgeschlagenen Lehrplan ein besonders wichtiges Hilfsmittel: Sie stellen das Bindeglied zwischen der lokalen Wetterbetrachtung und den theoretischen Überlegungen der modernen Wetterkunde dar.

Hat man daher eine Zeitlang, mindestens einige Monate, zusammenhängende Beobachtungen durchgeführt, so schreitet man zu einer übersichtlichen Darstellung des reichhaltigen Materiales. Wir gebrauchen dazu ein Netz, wie wir es auf der Vorderseite der oben (S. 17 und 20) abgebildeten Tafel oder auf den gleichfalls erwähnten linierten Bogen zur Verfügung haben. Wir wollen auf Grund unserer Aufzeichnungen zuerst eine Monatsübersicht des Temperaturverlaufes entstehen lassen und hier als Beispiel die in Frankfurt a. M. im Januar 1907 gewonnenen Tagesmittel verwenden, (siehe Figur 32) wie sie in der Beobachtungstabelle im Anhang aufgezeichnet sind.

Zuerst schreiben wir unter die unterste wagerechte Linie des Netzes von links nach rechts, mit dem 1. Januar beginnend, die Tage des Monats, so, dass das Datum jedesmal unter den für die einzelnen Tage vorgesehenen Zwischenräumen zwischen je zwei Linien steht. Links oben, senkrecht übereinander setzen wir die Zahlen für die Temperatur, nachdem wir uns vorher über die höchsten und niedrigsten Werte des betreffenden Monats vergewissert haben.



Figur 32.
Monatskurven der meteorologischen Elemente.
Frankfurt a. M. Januar 1907.

Nun nehmen wir unsere Beobachtungstabellen zur Hand. Dort finden wir für den 1. Januar eine Mitteltemperatur von + 3.3° verzeichnet. In den Zwischenraum des Ersten zeichnen wir dementsprechend mit dem Lineal eine senkrechte Linie, welche den Quecksilberfaden des Thermometers abbildet, soweit er aus der Quecksilberkugel herausragt. Er erstreckt sich also um etwas mehr als drei Gradstriche über die Nullinie empor. So verfahren wir mit den Zahlen für die mittleren Temperaturen auch aller folgenden Tage. Später können wir die senkrechte Linie weglassen. Wir tragen dann an der richtigen Stelle nur den obersten Punkt ein. Aber für das Verständnis ist es empfehlenswert, erst die ganze Linie, den „Quecksilberfaden", zu zeichnen. Verbinden wir nunmehr die obersten Punkte der Linien der Reihenfolge nach miteinander, so wird es den Schülern nicht schwer werden, diese „Kurve" als den Verlauf der Temperatur in diesem Monat zu betrachten. Wenn beispielsweise an einem Tage die Temperatur höher war als am vorhergehenden, so war auch der Quecksilberfaden länger; es verläuft die Verbindungslinie schräg nach oben. Die Schüler, welche diese Kurve selbst entstehen sehen, lernen also mit einer schräg nach rechts oben verlaufenden Linie den Begriff der Temperaturzunahme verbinden u.s.w. Es wird kaum eine geeignetere Gelegenheit geben, in der Schule die graphischen Darstellungsmethoden — sozusagen unbemerkt — einzuführen.

Beim Betrachten der Januar-Kurve fällt uns zuerst auf, dass sie eine starke Ausbuchtung nach unten zeigt, die zwischen dem 18. und 29. liegt. Über die Gründe dieses „Temperatursturzes" müssen uns unsere übrigen Aufzeichnungen Auskunft geben. Wir sehen zunächst bei den Winden nach, deren Richtung und Stärke wir weiter unten in die Tafelquadrate (bzw. Netzbogenrechtecke) eintragen wollen, indem wir in diese kleine Pfeile setzen (s. Fig. 32) und zwar so, dass sie mit dem Winde fliegen. Die Himmelsgegenden mögen so angenommen werden, wie auf der Landkarte: links ist also W, rechts O u.s.w. Stehen also die Pfeile

senkrecht zu den Quadratseiten, so bezeichnen sie Hauptthimmelsgegenden, liegen sie in den Winkeln, so geben sie die Zwischenrichtungen an.

Wir finden noch für den 16. Januar NW eingetragen, für den 17. Windstille. Am 18. aber wehte der Wind aus NO und dann bis zum 25. fast immer aus NO, nur einmal aus NW. Wir sehen nun, dass der starke Temperaturabfall gleichzeitig mit dem NO-Winde eingetreten ist, und dass die niederen Temperaturen anhalten, solange vorherrschend NO beobachtet wurde. Hier ist also offenbar ein Zusammenhang zwischen Temperatur und Windrichtung angedeutet, den wir uns wie folgt merken können: Nördliche bis östliche Winde bringen uns im Winter Kälte.

Der wärmste Tag des Monats ist gleich der 2. mit einem Temperaturmittel von 6.9°. Hier erreicht unsere Kurve ihren höchsten Punkt, zeigt aber von da auch bis zum 18. keine auffällige Ausbuchtung; die Temperatur war also dauernd hoch. Auch hierfür können wir die Richtung der Winde zur Erklärung heranziehen. In unseren Notizen finden wir in der ganzen Zeit vom 1. bis zum 16. nicht einmal eine der vorhin betrachteten N- oder O-Winde vermerkt. Mit grosser Beständigkeit wehten die Winde vielmehr aus SW. Die 16 Beobachtungen ergaben nur 2 mal nordwestliche und 3 mal westliche, dagegen 11 mal südwestliche Winde. Da bei uns gleichzeitig das Thermometer sehr hoch stand, dürfen wir wohl annehmen, dass auch hier zwischen Temperatur und Winden ein Zusammenhang besteht: Süd- und Westwinde bringen im Winter mildes Wetter.

Aus unseren Januarbeobachtungen können wir es zwar nicht ersehen, aber vermuten dürfen wir, dass wir die beiden bisher gewonnenen Sätze über den Zusammenhang zwischen Temperatur und Windrichtung im Winter auf den Sommer übertragen dürfen, indem wir sie umkehren. Wir haben uns demnach ferner zu merken: Im Sommer bringen uns nordöstliche bis südliche Winde Wärme, südwestliche bis nördliche aber Abkühlung. Es

erscheint zweckmässig, bei Ableitung dieser Zusammenhänge auf die Erklärung vorerst zu verzichten. Nur da, wo sie dem Verständnis der Schüler naheliegen, kann der Lehrer nach eigenem Gutdünken die betreffenden Ausführungen des IV. Teiles vorweg nehmen.

Im Sommer tritt die Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Richtung der Winde in unseren Beobachtungen oft weniger deutlich hervor. In dem oben gewählten Beispiele aber, im Januar 1907, prägt sich deren Einfluss auf die Temperatur besonders auffallend aus, weil ein anderes Wetterelement gleichsinnig mit den Winden zusammenwirkt. Es ist die Bewölkung.

Wir hatten erwähnt, dass die Temperatur um den 22. am tiefsten lag. Aus unseren Beobachtungsnotizen sehen wir, dass an diesem Tage Aufklaren eintrat. Die Bewölkung war vom 22. mittags bis zum 25. mittags 0 (mit einer einzigen geringen Abweichung), d. h. der Himmel war dauernd wolkenlos. Wir können demnach kurz sagen, dass wolkenloser Himmel im Winter niedrige Temperaturen bedingt. Im Sommer sind die Beziehungen entgegengesetzt.

In der Zeit vom 1. bis 16. Januar 1907, in welcher die Temperatur hoch war, herrschten dagegen Bewölkungsverhältnisse, welche den vorhin erwähnten gerade entgegengesetzt sind. Wir finden für diese Tage fast durchweg die Bewölkungszahl 10 eingetragen, d. h. der Himmel war vollständig bedeckt. Wir merken uns daher, dass ein bedeckter Himmel im Winter eine verhältnismässig hohe Lufttemperatur bedingt. (Im Sommer umgekehrt).

Diese Zusammenhänge ergeben sich aus unseren Kurven so leicht und überzeugend, dass sie jeder herausfinden muss, selbst wenn er noch niemals ein Buch über Meteorologie in der Hand gehabt hat.

Wir haben jetzt noch das Verhalten der Temperatur im Januar 1907 im allgemeinen zu beurteilen. Unter dem Einfluss der Meereswinde und dem des bedeckten Himmels lag

die Temperatur im grössten Teile des Monats hoch, sodass wir schon vermuten können, der Monat sei wärmer gewesen als zu erwarten war. Ein genaueres Urteil können wir aber erst dann abgeben, wenn wir die Monatstemperatur statt durch ihre Kurve durch einen einzigen Wert, das Monatsmittel, ausgedrückt haben. Um dieses zu finden, haben wir nur die 31 Tagesmittel zu addieren und ihre Summe dann durch 31 zu teilen. In unserem Falle ergibt sich dann die Zahl 1.8°.

Die normale mittlere Januartemperatur beträgt für Frankfurt + 0.3°. Wir ziehen in zwei verschiedenen Farben auf unserer Tafel oder auf den linierten Bogen in der entsprechenden Höhe zwei Linien, die das Monatsmittel im Januar 1907 bzw. das normale nach dem langjährigen Zeitraume darstellen. Die erhebliche Differenz zwischen beiden finden wir nun deutlich veranschaulicht.

Unser Monat war durchschnittlich 1,5° zu warm; eine derartige bedeutende Übertemperatur in einem Wintermonat ist den wirtschaftlich schwächeren Volksschichten erwünscht; man spart Heizmaterial in der Wohnung und ist vor Arbeitslosigkeit geschützt, da fast alle Beschäftigungen im Freien ungehindert ihren Fortgang nehmen können. — Der Landwirt aber vermag sich über einen warmen Januar nicht recht zu freuen. Unter dem Einfluss der hohen Temperatur erwacht das Getreide aus seinem Winterschlummer, sprosst und bestockt sich. Das wäre an und für sich vorteilhaft; aber in der Regel setzen später, wie auch diesmal, wieder Kälteperioden ein, in denen die früher zum Wachstum angeregten Pflänzchen in grosse Gefahr kommen. Darum sagt der Landmann: „Wächst das Korn im Januar, wirds auf allen Märkten rar".

Dass die hohe Temperatur im Januar 1907 tatsächlich der Pflanzenwelt nicht zum Vorteil gereichte, zeigte sich beispielsweise darin, dass der Haselstrauch seine Blüten mit 9tägiger Verspätung öffnete; offenbar deshalb, weil vom 21. ab starker Frost einsetzte. Es sei aber hier besonders erwähnt, dass die verfrühte oder verspätete Entwickelung der Pflanzen wahrscheinlich noch mehr durch die obwaltenden Lichtverhältnisse als durch die Temperatur bedingt ist. Ein Beispiel mag genügen: Obwohl der Mai 1907 zu warm war, verspäteten sich verschiedene Pflanzen in ihrer Blüte erheblich; so der Apfelbaum um 7, der Besenginster um 8, die Quitte um 8, der Weissdorn um 10 Tage, und zwar jedenfalls deshalb, weil die durchschnittliche Bewölkung erheblich höher als die normale war.

2. Die Monatskurve des Luftdrucks.

Die Monatskurve des Luftdrucks im gleichen Monat entwerfen wir auf derselben Fläche, auf der sich die der Temperatur bereits befindet, und zwar in derselben Weise (s. Fig. 32). Um Verwechselungen vorzubeugen, können wir die Zahlen für die Quecksilberhöhen des Barometers an die rechte Seite unseres Netzes schreiben. Es sei hier darauf hingewiesen, dass es sich zur Vermeidung von Kreuzungen mit der Temperaturlinie empfiehlt, die Luftdruckkurve im halben Massstabe aufzuzeichnen. (Vergl. S. 18.)

Unsere Luftdruckkurve ist durch auffällige Sprünge ausgezeichnet. Ihren grössten Wert erlangt sie mit dem Tagesmittel von 770 mm, ihren kleinsten mit 738; das bedeutet die bemerkenswerte Differenz von 32 mm. Doch stand das Barometer nur an drei Tagen sehr tief, am 2. und 3. und am 30.; in der Zwischenzeit war dauernd hoher Luftdruck vorhanden.

Ähnlich starke Unterschiede zwischen grösstem und kleinstem Werte zeigen in demselben Monat nun auch die anderen Wetterelemente: Temperatur, Bewölkung, Niederschlag und Wind.

Wir dürfen also sagen, dass grosse Differenzen im Barometerstand auch von scharfen Gegensätzen des Wetters überhaupt begleitet werden, dass aber bei geringen Luftdruckunterschieden innerhalb eines Monats vorwiegend einheitliches Wetter beobachtet wird. Es scheint, dass der Luftdruck die übrigen Wetterelemente in hervorragendem Masse beeinflusst.

Zuerst wollen wir sehen, wie die Temperatur mit ihm zusammenhängt. Unsere Kurve sagt uns, dass das Barometermittel vom 1. zum 2. Januar um etwas mehr als 3 mm auf seinen nahezu niedrigsten Wert von 741 sank. Am gleichen Tage aber stieg die Temperatur auf ihren höchsten Wert von 6.9°. Die beiden Kurven bewegen sich also hier in scharf entgegengesetzter Richtung. Dieselbe Tatsache tritt

noch einmal deutlich in Erscheinung gegen Ende des Monats. Während das Luftdruckmittel von 761 auf 741 herunterging, stieg die mittlere Temperatur von — 2.4° auf + 2.5°. Auch in der Zwischenzeit, in der Mitte des Monats, ist dieses gegensätzliche Verhalten von Temperatur und Luftdruck deutlich — wenn auch weniger auffällig — zu verfolgen. Es ist während der Dauer der kalten Jahreszeit stets zu beobachten, sodass wir uns merken: Die Temperatur fällt bei steigendem Luftdruck; bei fallendem Luftdruck steigt sie. Diese Regel gilt — allerdings nicht mit derselben Ausnahmslosigkeit — auch im Sommer.

Aber gleichzeitig finden wir auch, dass in den Tagen mit hohem Barometerstand kaltes, bei tiefem Luftdruck mildes Wetter herrscht. Das gilt nur für den Winter. Im Sommer zeigen sich genau die entgegengesetzten Verhältnisse.

Wir wollen nun noch kurz auf den Zusammenhang zwischen Luftdruck und Windstärke achten. Wir nehmen zu dem Zwecke unsere Notizen zur Hand, in denen wir die entsprechenden Zahlen finden. (Zur leichteren Übersicht können wir diese auch einmal in die Rechtecke unseres Netzes eintragen). Wir sehen dann, dass beispielsweise am 2. und 3. Januar, an den Tagen mit sehr niedrigem Luftdruck, die Windstärken 6 und 5 beobachtet wurden. An Tagen mit hohem Barometerstand wehten nur schwache Winde; so wurde am 17. Januar, als der Luftdruck am höchsten war, gar Windstille beobachtet. Auch diese Tatsache, dass in unserer Gegend starke Winde wehen, wenn das Barometer tief steht und umgekehrt, führt auf die Eigentümlichkeiten der Hochs und Tiefs zurück. Ihre Erklärung ergibt sich später.

3. Der Monatsverlauf der Niederschläge.

Niederschlagsbeobachtungen werden nicht an allen Tagen gemacht. Die Niederschläge setzen oft längere Zeit aus, manchmal gehen sie aber auch tagelang ohne Unterbrechung

nieder. Wegen dieser Unstetigkeit ist für die Darstellung ihres monatlichen Verlaufes die Kurve wenig geeignet. Wir wählen ein anderes Verfahren:

Für die Tage, an denen Niederschläge gemessen*) sind, füllen wir die ihnen zugehörigen Zwischenräume unseres Netzes soweit aus, wie das Regenmesserglas bei der Messung gefüllt war. Die Zahlen für die Niederschlagshöhen setzen wir links an den Netzrand, und zwar so, dass der Abstand zwischen zwei Wagerechten jedesmal 1 mm Niederschlag bedeutet.

Diese zweite Art der graphischen Darstellung unzusammenhängender Grössen wird den Schülern keine Schwierigkeit machen. Sie sehen in dem schraffierten Teil eben das Regenmesserglas, soweit es gefüllt war.

Alle Niederschlagstage sind ausgezeichnet durch entsprechendes Verhalten des Luftdruckes. Greifen wir beispielsweise den 21. heraus, der ganz isoliert steht, so finden wir, dass das Luftdruckmittel unmittelbar vor dem Einsetzen der Niederschläge ganz allmählich gesunken ist. Die Regen- und Schneefälle vom 28. ab werden gleichfalls eingeleitet durch ein stetiges Sinken des Barometerstandes von 761 herunter auf 738.

Andererseits beobachten wir, dass mit allmählichem Steigen des Luftdrucks die Niederschläge aufhören. Am 14. war das Barometermittel 1 mm höher als das ihm vorausgehende und nimmt auch an den folgenden Tagen zu; die Niederschläge verschwinden dementsprechend schon am 14. Die gleiche Parallele beobachten wir am 22. Januar.

Ausnahmen von diesem Zusammenhang zwischen Niederschlägen und Luftdruck kommen zwar vor, sie sind jedoch selten. Ohne Rücksicht auf diese haben wir uns zu merken, dass das Fallen des Barometers Niederschläge ankündigt, und dass im Gegenteil sein langsames, stetiges Steigen trockenes Wetter verheisst.

*) Zu beachten ist, dass die Niederschläge meist schon am Vortage gefallen sind.

Diese Tatsache ist ausserordentlich auffällig und kommt meist in den Monatsübersichten über die Witterung in gewünschter Deutlichkeit zum Ausdruck. Man ersieht daraus, welche wichtige Rolle die Barometerbeobachtung bei der Wettervoraussage spielt. Die täglichen Prognosen beruhen in allererster Linie auf einer eingehenden Kenntnis der Luftdruckverhältnisse in einem grösseren Gebiet, und mit Recht erwartet man in der Allgemeinheit vom Barometer die beste Auskunft über die Gestaltung der Witterung.

Vielfach ist die Meinung verbreitet, dass niedriger Luftdruck schon an und für sich Regen, hoher Luftdruck Sonnenschein in Aussicht stelle, hauptsächlich dank der neben der Skala der billigen Barometer angebrachten Stichwörter „Schön Wetter", „Veränderlich", „Regen" u. s. w. Diese Ansicht ist irrig, wie man sich jederzeit leicht überzeugen kann. So regnete es auch im Januar 1907 bei einem Barometerstande von 764, also bei hohem Luftdruck; dagegen fallen oft bei tiefem Luftdruck keine Niederschläge. Es kommt also weniger darauf an, wie hoch das Barometer steht: vielmehr ist es von Wichtigkeit, ob es gestiegen oder gefallen ist. Nicht der augenblickliche Barometerstand ist von Belang, sondern der im Verhältnis zu den vorangegangenen Tagen, so dass man also sagen könnte: Niederschläge sind zu erwarten bei relativ niedrigem, schönes Wetter bei relativ hohem Barometerstand. Das „relativ" bezieht sich entweder auf die benachbarten Tage oder auf die benachbarten Gegenden.

Dagegen zeigt unsere Monatsübersicht, dass das Misstrauen berechtigt ist, das man einem plötzlichen bedeutenden Steigen des Luftdrucks entgegenbringt. Vom 3. auf den 5. Januar springt unsere Kurve von 740 auf 764 mm, also um 24 mm. Trotzdem setzten am folgenden Tage unter gleichzeitigem Zurücksinken des Barometers die Niederschläge wieder stärker ein.

Aus unseren Notizen ersehen wir, dass alle Niederschlagstage durch starke Bewölkung ausgezeichnet

sind. Wir begegnen hier einer ganz selbstverständlichen Tatsache, die auch den Schülern längst geläufig ist. Trotzdem konstatieren wir sie mit Interesse; wir erfahren hier aus unseren eigenen Beobachtungen noch einmal, was wir schon längst wussten.

Die Regen- und Schneefälle unseres Monats zeigen eine Beziehung zur Windrichtung, deren Kenntnis ausserordentlich wertvoll ist für die Wettervoraussage. Wir wollen sie darum betrachten. Allerdings kommt der Zusammenhang zwischen Windrichtung und Niederschlägen erst recht zum Ausdruck, wenn man täglich mehrmalige Windbeobachtungen zur Verfügung hat. Solche liegen uns bei der folgenden Betrachtung vor. Es empfiehlt sich, auch einmal in der Schule den Versuch zu machen, auf kürzere Zeit täglich morgens, mittags und abends zu beobachten.

Am 20. Januar abends wehte der Wind noch aus NO, am 21. früh aus SW, mittags um 2 Uhr aus NW, abends bereits aus O. Lägen mehr Beobachtungen für diesen Tag vor, so wären auch die scheinbar fehlenden Windrichtungen verzeichnet, und man würde erkennen, dass der Wind nicht etwa sprunghaft, wie es den Anschein haben könnte, sondern allmählich von NO über O, SO, S u. s. w. bis wieder schliesslich nach O umging. Somit drehte sich der Wind allmählich rechts herum, im Sinne des Uhrzeigers, und als er aus SW wehte, setzten die Niederschläge ein.*) Dieses Rechtsdrehen des Windes geht bei uns den Niederschlägen fast stets voraus. Die Landwirte stützen zum Teil hierauf, oft mit gutem Erfolg, ihre Prognose, und auf den Wetterdienststellen bringt man überhaupt jeder schnellen Richtungsänderung des Windes grosses Interesse entgegen, da ihr erfahrungsgemäss meist Wetteränderungen folgen. Das Drehen des Windes hängt direkt zusammen mit den Luftdruckverhältnissen. Während am Abend des 20. Januar noch NO beobachtet wurde, zeigte das Barometer 767.9 und sank von nun an auf 764.3 und 763.4 unter gleichzeitigem

*) Die am 22. gemessenen Niederschläge sind am 21. gefallen. (Siehe Beobachtungstabelle am Schlusse des Buches.)

Umgehen des Windes über SW nach NW. Dann aber stieg der Luftdruck dauernd, zuerst auf 765.4, dann auf 766.7, 767.4 und schliesslich auf 771.6 mm, und dabei drehte der Wind weiter über N hinaus.

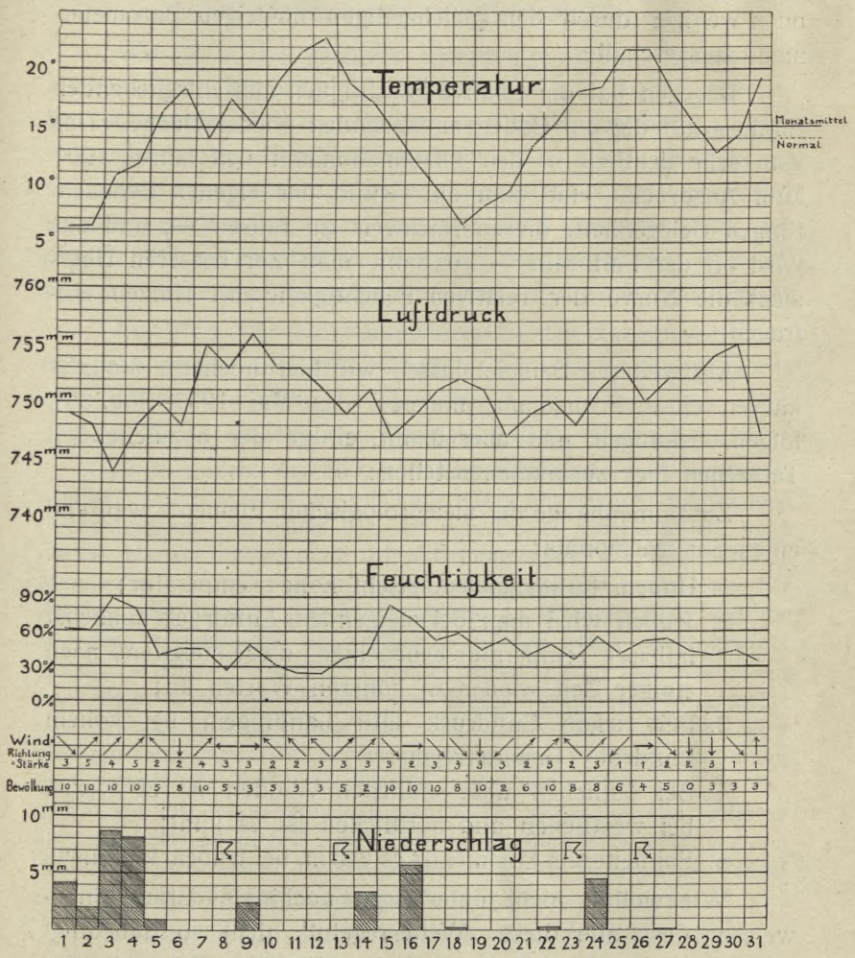
Das Rechtsdrehen des Windes erfolgt nicht immer in der oben beschriebenen Weise. Es wird manchmal nicht zu Ende geführt, wie z. B. in den Tagen vom 26. bis 30. Januar 1907. Die Drehung begann etwa am 25. abends, wurde aber nur bis NW (vom 26. mittags bis 27. früh) fortgesetzt. Dann ergab die nächste Beobachtung wieder W und die folgende SW. Der Wind drehte diesmal gerade in der entgegengesetzten Richtung wie am 21. Man bezeichnet diesen Vorgang als „Zurückdrehen" des Windes.

Aus unseren Beobachtungen ersehen wir, dass dem Zurückdrehen ein geringes Steigen des Barometers unmittelbar vorausging (von 756 auf 761 mm), worin wir die Ursache dafür zu erblicken haben, dass die Niederschläge am 27. aussetzten bei gleichzeitigem vorübergehendem Aufklaren.

In welcher Weise die Niederschläge in den verschiedenen Jahreszeiten auf die Temperatur wirken, bedarf hier kaum der Darlegung. Im Winter verursachen Niederschläge natürlich, wie unsere Übersicht zeigt, (29.), dank dem Einfluss der gleichzeitig starken Bewölkung ein Steigen, im Sommer ein Fallen des Thermometers.

Da die Pflanzenwelt im Winter sich den Niederschlägen gegenüber indifferent verhält, kann der Januar nach dieser Richtung hin keine Aufklärung bringen. Im Frühjahr und Sommer aber werden sich periodische Regen sowohl wie periodische Trockenheit in auffälliger Weise bemerkbar machen.

Bezüglich des Verhältnisses der relativen Feuchtigkeit zu den Niederschlägen wurde schon früher die Frage offen gelassen, ob man deren Kurve über diesen eintragen solle. In unserer Fig. 32 ist es geschehen, und wir sehen nun, dass sich aus ihrem Verlauf der vielleicht erwartete Zusammenhang mit den Niederschlägen nicht ergibt. Gerade



Figur 33.
Monatskurven der meteorologischen Elemente.
Frankfurt a. M. Mai 1907.

an den Tagen mit reichlichem Regen war die relative Feuchtigkeit gering, und man sollte das Gegenteil vermuten. Ihr Einfluss auf die Niederschläge wurde, wie man sieht, mehr oder weniger durch den gleichzeitigen niedrigen Barometerstand ausgeschaltet.

Dagegen hat die relative Feuchtigkeit ausschlaggebenden Einfluss auf die am Boden entstehenden Niederschläge. Das kam sehr deutlich in den letzten Monaten des Jahres 1907 zum Ausdruck. Hat man auf Grund der eigenen Beobachtungen Gelegenheit, diesen Nachweis zu führen —, und das wird oft der Fall sein — so kann man zur besseren Übersicht die Kurve der relativen Feuchtigkeit mit Nutzen eintragen. —

Als weiteres Beispiel lassen wir hier noch die Monatskurven eines Frühsommermonates, des Mai 1907 (Fig. 33), folgen, begnügen uns aber damit, einige der abzuleitenden Tatsachen hier zusammenzustellen:

Zusammenhänge der meteorologischen Elemente während eines Sommermonats:

1. Hohem Luftdruck entspricht hohe Temperatur;
2. Jedoch wird man bei steigendem Luftdruck zunächst fallende Temperatur beobachten, diese steigt erst nach einiger Zeit wieder zu höheren Werten an;
3. Bei tiefem Luftdruck fällt Landregen, bei hohem Luftdruck Gewitterregen;
4. Bei östlichen und südlichen Winden ist es warm, bei westlichen und nördlichen ist es kühl;
5. Bei heiterem Himmel ist es warm, bei trübem kühl usw.

Wir wollen nicht unterlassen nochmals darauf hinzuweisen, dass alle diese „Wetterregeln“ nicht so unbedingt zuverlässig sind wie physikalische Gesetze. Das soll den Schülern auch gesagt werden. Der Lehrer muss jedoch typische Fälle zur Demonstration heraussuchen.

B. Klimatologische Betrachtungen auf Grund von Jahreskurven der meteorologischen Elemente.

1. Jahresgang der Temperatur.

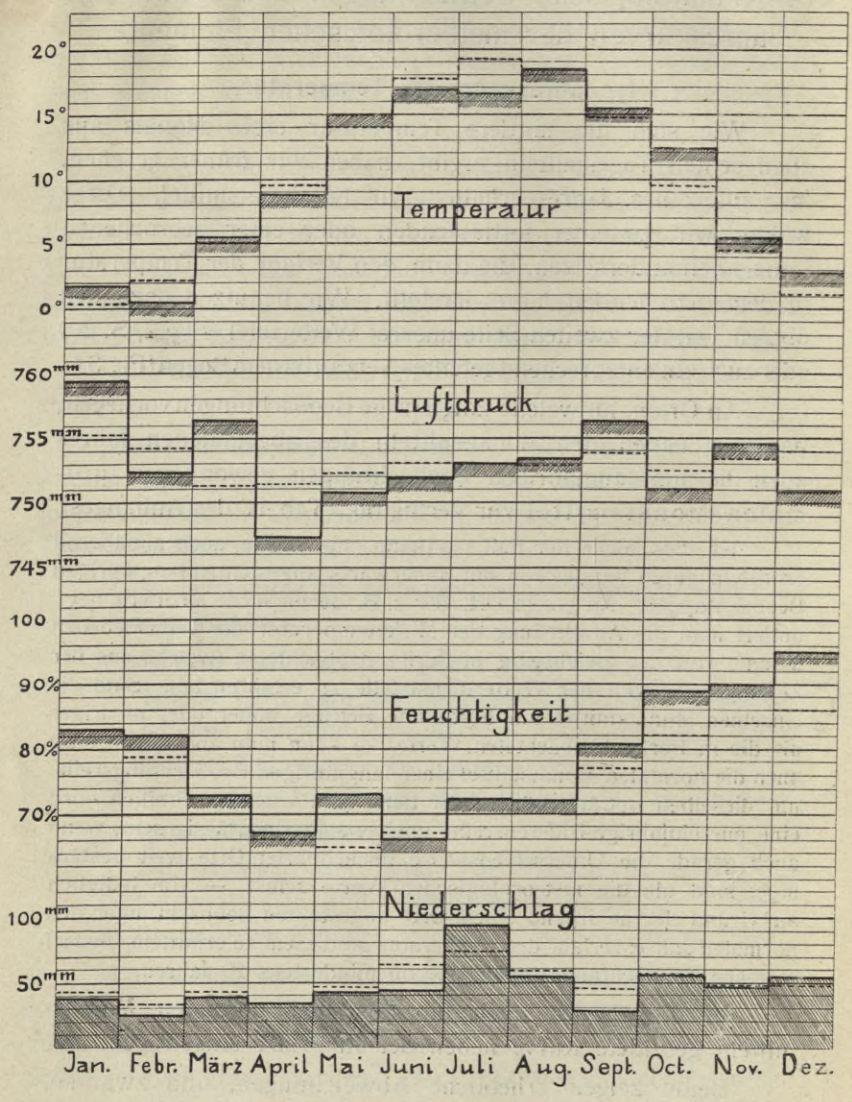
Wie sich die mittlere Temperatur eines Monats aus allen seinen Tagesmitteln ergibt, haben wir früher gesehen. Im Laufe eines Jahres erhalten wir 12 Monatsmittel. Diese wollen wir zu einer fortlaufenden oder einer gebrochenen Linie aneinandersetzen, die dann den Verlauf der Temperatur in dem betreffenden Jahre darstellt. Wir benutzen dazu den oberen Teil der zweiten Seite unserer Wettertafel (Fig. 2, S. 20) oder auch ein entsprechend geteiltes Netz auf einem Bogen (Fig. 34).

An Orten, für welche langjährige Beobachtungen vorliegen, hat man neben den Monatsmitteln des abgelaufenen Jahres auch die aus langjährigen Beobachtungen gewonnenen normalen Monatsmittel zur Verfügung (Tab. IV des Anhanges).

Ist dies nicht der Fall, so kann man diese auch annähernd ermitteln durch Vergleichen mit anderwärts angestellten langjährigen Beobachtungen. An einem Ort, der z. B. Berlin nicht allzufern liegt, notiert man die Abweichung der Mitteltemperatur der verschiedenen Monate von der gleichzeitig in Berlin beobachteten (welche aus der Zeitung oder von der Wetterdienststelle zu erfahren ist). Sind die einzelnen Monatsmittel um bestimmte Beträge höher oder niedriger als die in Berlin beobachteten Werte, so kann man annehmen, dass auch die normalen Monatsmittel einer langjährigen Beobachtungsreihe um dieselben Beträge höher oder tiefer sein würden. Freilich wird eine nur einjährige Differenzreihe noch wenig zuverlässig sein, wenn auch gerade die Unterschiedswerte benachbarter Orte weit beständiger sind als die meteorologischen Werte selbst. — Um lediglich auf Grund der an irgend einem Orte angestellten Beobachtungen den normalen Jahresverlauf der Temperatur an diesem zu ermitteln, bedarf es eines Beobachtungszeitraumes von mindestens 20 Jahren.

In Fig. 34 ist auch die aus den normalen Monatsmitteln gebildete Kurve neben der für 1907 eingetragen.

Beide zeigen erhebliche Abweichungen, und zwar so, dass die Kurve 1907 in ihren Monatsmitteln weniger scharfe Gegensätze aufweist als die normale. So war diesmal der Regel zuwider der Januar wärmer als der Februar, Juni und



Figur 34.
Jahreskurven der meteorologischen Elemente.
Frankfurt a. M. 1907.

August übertrafen beide den Juli. Der Oktober zeichnet sich aus durch einen Überschuss von durchschnittlich nahezu 3°, die Mitteltemperatur des Dezember war gleichfalls 2° höher als die normale. Erheblich zu kühl war allein der Juli, wodurch ein mässiger Sommer bedingt wurde.

Auf den Gesundheitszustand, zumal der grossstädtischen und schwer arbeitenden Bevölkerung muss ein solcher günstig wirken, da in den sehr heissen Sommertagen sich bekanntlich die Nachrichten über Hitzschläge und Gewitterunglücksfälle häufen.

Aber der Landwirt muss nach einem Juli, dem durchschnittlich mehr als 3° an der normalen Mitteltemperatur fehlen, und in dem auch, wie wir vermuten, die Bewölkung viel zu stark war, lange auf die Reife seiner Sommerfrüchte warten und kommt dann im Herbst mit seinen Arbeiten ins Gedränge.

Erst recht nachteilig ist ein kühler Juli für den Winzer, da die Reben in den Sommermonaten eine durchschnittliche Temperatur von über 18° nötig haben. Der immerhin für den Weinbau günstige Oktober kam zu spät, um noch alles gut machen zu können, was der Juli verdorben hatte, und konnte nur noch eine kaum befriedigende Ernte zustande bringen. In ganz ähnlicher Lage war der Imker.

Diese Berufe, und die Gärtnerei und Obstzüchterei schliesslich nicht weniger, sind auf hohe Sommertemperaturen angewiesen; an einem gelinden Januar oder Dezember haben sie kaum ein Interesse, obwohl diese gerade für 1907 einen, anderen Berufen erwünschten, sehr mässigen Winter und damit eine hohe Jahrestemperatur bedingten.

Die mittlere Jahrestemperatur gewinnen wir, wenn wir alle Monatsmittel addieren und dann die Summe durch 12 teilen; das ergibt in unserem Falle 10.8°. Nach langjährigen Beobachtungen kommt Frankfurt a. M. nur eine mittlere Jahrestemperatur von 9.7° zu. Die günstige Differenz von 1.1° ist bedeutend.

Die auf Grund unserer eigenen Beobachtungen gewonnene Jahreslinie der Temperatur für 1907 gilt zwar nur für den Ort, an dem wir beobachten; für entfernte Orte würden sich nicht unerhebliche Abweichungen ergeben. Doch zeigt unsere Kurve Eigenschaften, die charakteristisch sind für das Verhalten der Temperatur in ganz Deutschland und weit darüber hinaus. Es ist deshalb hier der richtige Ort,

klimatologische Betrachtungen einzuschalten. Zu diesem Zwecke ziehen wir die normale Jahreskurve der Temperatur mit heran.

Wir sehen zunächst, dass die Lufttemperatur vom Januar an normalerweise sieben Monate hindurch allmählich ansteigt und im Juli ihren höchsten Wert erreicht; der nun folgende Abstieg in den letzten fünf Monaten des Jahres vollzieht sich wesentlich schneller.

Je drei aufeinanderfolgende Monate pflegt man unter dem Namen Jahreszeit zusammenzufassen, deren man also 4, Winter, Frühling, Sommer und Herbst, unterscheidet. Die Meteorologie zählt zum Winter die Monate Dezember, Januar und Februar, während die astronomische Einteilung den Winter mit dem 21. Dezember beginnt. Nachdem der Winter einmal festgelegt ist, ergibt sich die Lage der drei übrigen Jahreszeiten von selbst, indem man von Wintersanfang immer um drei Monate weiterzählt.

In Rücksicht auf die Pflanzenwelt unterscheidet man sogar 8 Jahreszeiten, die im wesentlichen durch das Aufblühen bestimmter Gewächsgruppen charakterisiert werden. Der Vorfrühling ist bezeichnet durch das Aufblühen von Hölzern, deren Blüten vor den ersten Blättern hervorkommen. Im Erstfrühling entfalten Holzpflanzen ihre Blüten und Blätter gleichzeitig. Im Vollfrühling erscheinen die Blüten der Holzpflanzen erst nach den Blättern. Der Frühsommer bringt das Getreide zur Blüte, der Hochsommer dieses und Beerenfrüchte zur Reife. Im Frühherbst kommt die Fruchtreife zum Abschluss, im Herbst fällt das verfärbte Laub von den Bäumen. Der Winter ist die Ruhezeit. (Ziegler).

Die Frage nach der Entstehung der Jahreszeiten führt uns zunächst auf die nach den Quellen der Luftwärme überhaupt. Deren kennt man zwei, die tieferen Bodenschichten und die Sonne.

Dass im Erdinnern hohe Temperaturen vorhanden sind, macht sich genugsam bemerkbar, beispielsweise in Tunneln und Bergwerken. Zu ihrer Erklärung müssen wir uns vorläufig auf die bekannte Hypothese von Kant (Laplace) über die Entstehung der Erde stützen. Der Einfluss des warmen

Erdinnern auf die Erwärmung der Luft ist jedoch nur von untergeordneter Bedeutung und kann sich mit dem der Sonne kaum vergleichen.

Da wir früher schon die Temperatur der Luft als das bei weitem wichtigste meteorologische Element bezeichneten, ist damit gesagt, dass kein nennenswerter Vorgang in der Luft beobachtet wird, der nicht mit der erwärmenden Wirkung der Sonne in letzter Linie zusammenhängt. Die Witterungserscheinungen sind Folgen der fort und fort von der Sonne ausgehenden Strahlung.

Unter Strahlung versteht man den Übergang der Wärme von einem wärmeren Körper zu einem kälteren ohne wägbaren Zwischenträger. Die Sonnenstrahlen sind aber unter sich keineswegs gleich. Sie sind so verschieden wie die Töne eines Instrumentes, und nur eine geringe Anzahl von ihnen vermögen wir mit dem Auge als Licht wahrzunehmen. Viele unter ihnen sind lediglich Wärmestrahlen, und diese werden alsbald, nachdem sie in die Atmosphäre eingedrungen sind, also in höchsten Schichten, von dieser verschluckt. Von den sichtbaren Strahlen werden die stark brechbaren, die blauen und violetten, bereits in grossen Höhen zerstreut, sodass sich für die der Erde mehr anliegenden, untersten Luftschichten keine Gelegenheit mehr findet, den Sonnenstrahlen „Energie" (Wärme) zu entziehen.

Die untersten Luftschichten werden also nicht durch die Sonne direkt erwärmt. In der warmen Jahreszeit trifft bei uns etwa die Hälfte aller Strahlen, die an der oberen Grenze der Atmosphäre ankamen, auf die Erde auf, und hier verwandeln sie sich in Wärme, die nunmehr den untersten Schichten der Luft zu gute kommen kann; doch nicht etwa durch Leitung, denn die Luft gehört zu den schlechten Wärmeleitern, sondern dadurch, dass die am Boden erwärmte Luft emporsteigt und kalte an ihre Stelle sinkt, um ebenfalls erwärmt zu werden. Diesen Vorgang bezeichnet man als „Erwärmung durch Konvektion".

Ob nun an irgend einer Stelle auf der Erde die Lufttemperatur im Laufe eines Jahres mehr oder weniger schwankt, das hängt in erster Linie davon ab, wie weit sich innerhalb desselben Zeitraumes die Menge der einfallenden Strahlen ändert, dann aber auch von der Art und Weise, wie sie jeweils auf die Erde auftreffen. Mit anderen Worten: Die Jahreszeiten eines Ortes sind bedingt durch die Verschiedenheit der Tageslängen und der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen. Für diese beiden Ursachen gibt es eine letzte, nämlich die Schiefe der Erdachse zu ihrer Bahn.

In den Tropen, innerhalb der Wendekreise, sind die Tagbogen der Sonne zu allen Zeiten des Jahres nahezu gleich. Nördlich und südlich von den Wendekreisen aber zeigen sie erhebliche Unterschiede, die immer grösser werden, je mehr man sich den Polen nähert.

So schwankt die Tageslänge in unseren Breiten bereits zwischen 9 und 15,4 Stunden, am Pole wechselt schliesslich ein halbjähriger Tag mit einer halbjährigen Nacht. Es bedarf nur der Erwähnung, dass am kürzesten Tage weit weniger Strahlen einfallen als am längsten, um darauf hinzuweisen, warum in allen Gegenden mit verschiedenen Tageslängen eine kältere und eine wärmere Jahreszeit wechseln müssen.

Dazu kommt aber verschärfend, dass die Sonne wegen der schiefen Stellung der Erdachse alljährlich scheinbare Wanderungen am Himmelsgewölbe nach N und S ausführt. In allen Gegenden zwischen den Wendekreisen steht sie zweimal im Jahre im Zenith. Steht sie am 21. Dezember über dem südlichen Wendekreise, so sieht man sie in Süddeutschland am Mittag unter einem Winkel von 19^0, und unter demselben fallen auch ihre Strahlen ein. Von nun an wandert sie scheinbar nordwärts, und damit wird ihre Mittagshöhe für uns immer grösser, bis sie schliesslich am 21. Juni 65^0 beträgt. Die ausserordentlich verschiedenen Winkel der einfallenden Strahlen im Dezember und im Juni bedingen für

die entsprechenden Zeiten sehr starke Unterschiede in der Erwärmung. Das geht aus Fig. 35 hervor. Je schiefer das Strahlenbündel von S einfällt, desto grösser wird die Fläche, auf die es sich verteilt. Die hierdurch bedingten Differenzen in der Strahlenwirkung sind so stark, dass der Erde in unsern Breiten am 21. Dezember kaum der zehnte Teil der Wärme zugeführt wird wie am 21. Juni. Je weiter man nach N geht, desto grösser wird dieser Unterschied.

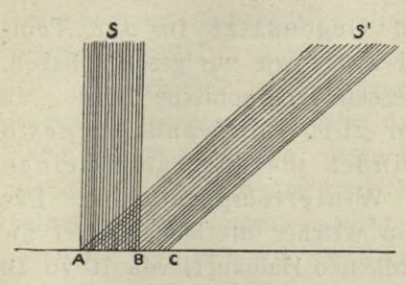


Fig. 35. Wirkung der Sonnenstrahlen bei verschieden hohem Sonnenstande.

Die in verschiedenen Breiten so sehr verschiedenen grössten Mittagshöhen der Sonne sind der Grund für die Abnahme der Temperatur vom Äquator zum Pol und bedingen die Einteilung der Erde in fünf Zonen (1 heisse, 2 gemässigte, 2 kalte). An deren Zustandekommen sind die verschiedenen Tageslängen verschiedener Breiten unbeteiligt, da ja überall auf der Erde die Sonne innerhalb eines Jahres ebenso lange über wie unter dem Horizonte steht.

Indessen ist, wie schon unsere normale Jahreskurve der Temperatur zeigt, der Juni mit grösster Mittagshöhe der Sonne nicht auch unser wärmster Monat, und der Dezember ist nicht der kälteste. Es sind das vielmehr der Juli und der Januar. Die extremen Zeiten sind also so verschoben, dass sie sich etwa 3 bis 4 Wochen gegen den höchsten bzw. tiefsten Stand der Sonne verspäten. Im Gebirge (und über dem Meere) sind die Verspätungen der kältesten und der wärmsten Jahreszeit noch bedeutender und können dort bis zu 2 Monaten betragen.

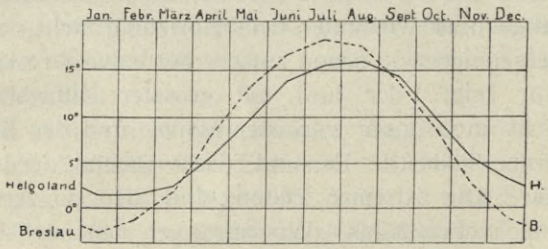
Das erklärt sich daraus, dass die Strahlen ihre Wärme zunächst der Erde zuführen und diese sie alsdann erst an die Luft weitergibt. Zu diesem Vorgange ist Zeit nötig. Aus demselben Grunde liegt ja auch die wärmste Tageszeit am

Nachmittag zwischen 1 und 2 Uhr und die kälteste morgens vor Sonnenaufgang.

Die jahreszeitlichen Gegensätze in der Temperatur eines Ortes sind zwar, wie wir gesehen haben, wesentlich bedingt durch dessen geographische Breite. Je weiter man vom Äquator zum Pol wandert, desto grössere Unterschiede findet man im allgemeinen zwischen Sommer- und Wintertemperaturen. Das zeigt die folgende Tabelle, in welcher die Monatsmittel für Januar und Juli auf der nördlichen Halbkugel von 10 zu 10 Breitegraden angegeben sind. (Nach Spitaler und Batchelder).

Geographische Breite	*0°*	*10°*	*20°*	*30°*	*40°*	*50°*	*60°*	*70°*	*80° N*
Jahrestemperatur	26.2	26.7	25.3	20.3	14.0	5.7	—1.0	—10.0	—16.7
Januartemperatur	26.4	25.8	21.9	14.6	4.9	—7.0	—15.8	—26.0	—33.5
Julitemperatur	25.6	26.9	28.3	27.3	24.0	18.1	14.0	7.0	1.8
Differenz	*0.8*	*1.1*	*6.4*	*12.7*	*19.1*	*25.1*	*29.8*	*33.0*	*35.3*

Trotzdem ist es nicht angängig, von der geographischen Breite eines Ortes allein auf die dort vorhandenen Unterschiede zwischen dem jährlichen höchsten und tiefsten Monatsmittel der Temperatur zu schliessen. Man hat vor allem



Figur 36.

dessen Lage zu ausgebreiteten Land- und Wassermassen zu berücksichtigen. Die Figur 36 gibt den jährlichen Temperaturgang von Helgoland und den der im Binnenland gelegenen Station Breslau (s. Tab. IV des Anhanges). Obwohl beide Orte ziemlich unter derselben geographischen Breite liegen, haben sie doch ganz verschiedene Wärmeverhältnisse.

Helgoland hat ein mässiges Klima mit einer Temperaturschwankung von nur 15°. In Breslau dagegen beobachtet man hohe Sommer- und niedrige Wintertemperaturen; die Differenz beträgt hier 21°.

Ähnlich wie in Helgoland findet man einen geringen Temperaturgegensatz in allen westeuropäischen Stationen, die nahe dem Meere liegen; wenn man aber von da aus ostwärts wandert in das europäisch-asiatische Festland hinein, so beobachtet man um so kältere Winter und umso heissere Sommer, je weiter man sich von der Küste entfernt. Mithin mässigt das Meer den Wärmeunterschied zwischen Sommer und Winter, während ihn ein ausgebreitetes Festland verstärkt.

In erster Linie ist diese Tatsache bedingt durch die für Erde und Wasser sehr verschiedene spezifische Wärme. Unter dieser versteht man diejenige Wärmemenge, welche einem Kilogramm eines Körpers zugeführt werden muss, um seine Temperatur von 0 auf 1° zu bringen. Setzt man die spezifische Wärme des Wassers wie gewöhnlich = 1, so ist die der festen Erdoberfläche nur 0,2, oder — auf gleiches Volumen bezogen — 0,5. Ferner ist zu berücksichtigen, dass das Wasser bis in grosse Tiefen durch Strahlung erwärmt wird, während deren Wirkung auf die äusserste Schichte des festen Erdbodens beschränkt bleibt. Unter dem Einfluss der Sommersonnenstrahlen wird sich also das Binnenland sehr viel schneller und stärker erwärmen als der Ozean und die Luft wird über jenem die höhere Temperatur haben. Im Winter aber, wenn die Wärmeausgabe die Einnahme überwiegt, wird der gleiche Wärmeverlust das Wasser weit weniger abkühlen als das Festland, und dann wird die Temperatur über dem Meere höher sein.

Dieser Gegensatz zwischen Wasser und Land wird noch verschärft durch die Vorgänge bei der Bildung und Zurückverwandlung des atmosphärischen Wasserdampfes. Für die Umwandlung des Wassers in Dampf bietet die Oberfläche des Meeres dauernd sehr günstige Bedingungen, zumal

dann, wenn sie von der Sonne bestrahlt ist, und sie wird sich dort stets viel lebhafter vollziehen als über dem Lande, gleiche Entfernung der Luft von ihrem Sättigungspunkte vorausgesetzt. Es ist aber eine sehr bekannte Tatsache, dass zur Überführung des Wassers aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand erhebliche Wärmequantitäten verbraucht werden, nämlich rund 600 Kalorien, d. h. zur Umwandlung von 1 kg Wasser in Dampf von derselben Temperatur ist ungefähr 600 mal soviel Wärme nötig als zur Erwärmung derselben Wassermenge von 0^0 auf 1^0. Mithin dient ein erheblicher Teil der dem Meere zugeführten Wärme der Erzeugung von Wasserdampf. Auch aus diesem Grunde ist das Meer im Sommer, in der Zeit der lebhaften Verdunstung, weniger warm als das Land. Wird umgekehrt im Winter dem Wasser Wärme entzogen, so muss sich auch die darüber liegende feuchte Luft abkühlen. Die Abkühlung ist aber deshalb sehr vermindert, weil der Wasserdampf der Luft zu Nebel kondensiert und dabei stetig Wärme frei wird. Diese trägt also mit dazu bei, dass im Winter über dem Meere und in seiner Nähe stets höhere Temperaturen beobachtet werden als auf dem Festlande.

Damit sind wir schon bei der Frage der Wärmeverteilung über die Erde angelangt. Diese kommt in grossen Zügen in den vorhin erwähnten fünf Zonen zum Ausdruck. Innerhalb derselben wird jeder Ort, soweit Beobachtungen vorliegen, charakterisiert durch seine mittlere Jahrestemperatur, die natürlich in erster Linie durch seine, auch die Jahreszeiten bestimmende, geographische Breite bedingt wird. Als ausserordentlich wichtiger Faktor kommen dann die Meeresströmungen hinzu. Die beständig wehenden Winde oder deren Behinderung durch Gebirge schliessen sich an und bewirken unter anderm, dass immer die in der gemässigten Zone von den Seewinden bestrichenen Westküsten eine Temperaturerhöhung erfahren. Von wesentlichem Einfluss auf die Temperaturverteilung über die Erde ist die Verteilung von Wasser und Land. Über den Kontinenten ist die Abnahme des Jahresmittels

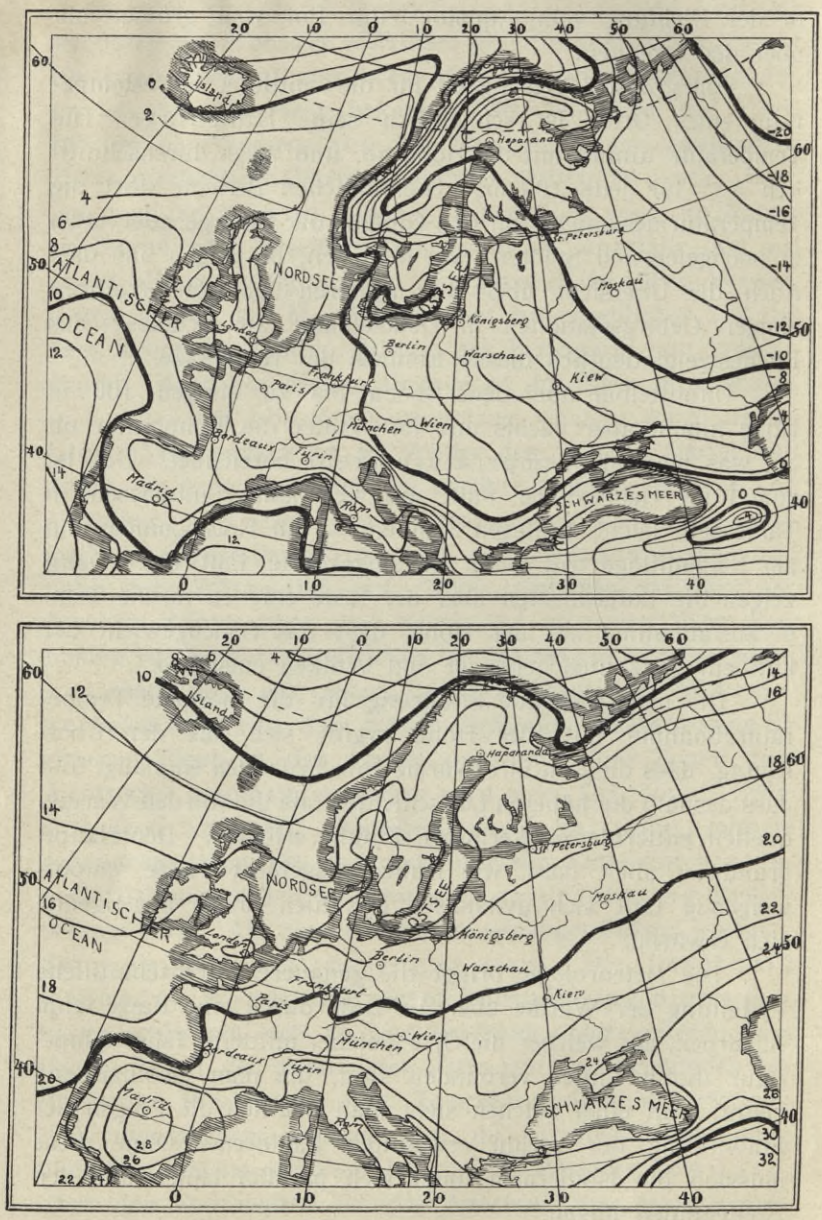
in der Richtung vom Äquator zum Pol weit grösser als über den Ozeanen.

Von grösster Wichtigkeit für die mittlere Jahrestemperatur eines Ortes ist schliesslich seine Höhenlage. Die Temperatur nimmt mit der Höhe ab, und zwar durchschnittlich $^1/_2{}^0$ für jede 100 m. Die täglichen Berichte über die Temperaturmessungen auf den Gipfeln der Gebirge oder etwa in hochgelegenen Städten, wie München, bestätigen uns das. Auch die Übersicht über die mittleren Jahrestemperaturen einiger Gebirgsstationen in Deutschland am Schlusse des Buches zeigt deutlich diesen Einfluss der Höhenlage.

Unmittelbar über dem Boden bis zu einigen 100 m Höhe nimmt aber nachts und im Winter die Temperatur oft zu, was man als Temperaturumkehr bezeichnet. Das ist zumal im Gebirge der Fall, wo sich kalte Luftmassen in Talkesseln leicht festlegen können. — Im Hochsommer und am Nachmittage tritt dann der umgekehrte Fall ein. Dann zeigen die Luftschichten über der Erde eine so rasche Temperaturabnahme mit der Höhe, dass das Gleichgewicht der Luft ein ganz unsicheres ist und Wolken entstehen.

Die nächstliegende Erklärung für die normale Temperaturabnahme mit der Höhe ergibt sich aus der Überlegung, dass die Luft ihre Wärme vom Erdboden empfängt und dass deshalb die höheren Luftschichten, als die von den Wärmequellen entfernteren, geringere Zufuhr erhalten. Der Hauptgrund ist aber, dass, wie früher ausgeführt wurde, emporsteigende Luft sich dynamisch abkühlen muss, absteigende sich erwärmt.

Die Meteorologie bringt die genauere durchschnittliche Verteilung der Wärme über die Erde durch eine Karte zum Ausdruck, auf welcher die Orte gleicher mittlerer Jahrestemperatur durch Linien verbunden sind, die man „Isothermen“ nennt. Auf einer solchen sieht man deutlich die Folgen der Einwirkung der vorhin erwähnten Faktoren. Ohne diese müssten die Isothermen unter sich parallel laufen und den Breitegraden folgen.



Figur 37. Isothermen von Europa.
Im Januar (oben) und im Juli (unten).

Gerade die Isothermenkarte von Europa (siehe Figur 37) ist ausserordentlich interessant. Auf dieser verlaufen die Juli-isothermen so, dass sie von W nach O allmählich ansteigen. Im östlichen Russland finden sich dann Temperaturen unter etwa 55° n. Breite, die solchen auf der pyrenäischen Halbinsel unter ungefähr 44° n. Breite gleichkommen. Dagegen laufen die europäischen Januarisothermen, beispielsweise die von 0°, mit den Meridianen nahezu parallel. An der Südküste von Island ist es im Januar nicht kälter als in der Gegend von Konstantinopel; dabei liegt letzteres um rund 20 Breitengrade südlicher als die nordische Insel.

2. Jahresgang des Luftdrucks.

Die Jahreslinie des Luftdrucks gewinnen wir auf dieselbe Weise wie die der Temperatur. Als Beispiel dienen auch hier die Beobachtungen in Frankfurt a. M. 1907. Die aus den normalen Monatsmitteln gebildete Kurve ist in Fig. 34 zum Vergleich eingetragen.

Schon die an den beiden Linien zu beobachtenden Verschiedenheiten zeigen, dass der Jahresgang des Luftdrucks kein feststehender ist und im einzelnen schwer vorausgesehen werden kann. Wäre das letztere möglich, so bedeutete es einen wesentlichen Schritt weiter für die Bemühungen um die Voraussage des Wetters auf längere Zeit. Trotzdem lassen sich für das Verhalten des Luftdrucks im allgemeinen doch einige Sätze in jedem Jahre gewinnen.

So ist im Januar der Luftdruck normaler Weise am höchsten. Jede unserer Linien veranschaulicht ferner höheren Druck im September, dagegen im Frühjahr, im März oder April, oder auch in den beiden Monaten, besonders tiefen. In den Sommermonaten weichen die Luftdruckmittel am wenigsten voneinander ab und zeigen verhältnismässig niedrige Werte. Es ist gestattet, auf Grund dessen zu sagen, dass über unserer Gegend im Winter (Januar) der höchste, im Sommer verhältnismässig niedriger Druck lagert. Im Frühjahr haben wir eine Periode tiefsten

Barometerstandes; der September ist in der Regel durch hohen Luftdruck ausgezeichnet. Dem hohen Luftdruck im Winter entspricht die Tatsache, dass in dieser Zeit über dem Festlande die Temperatur niedriger ist, als über dem Meere.

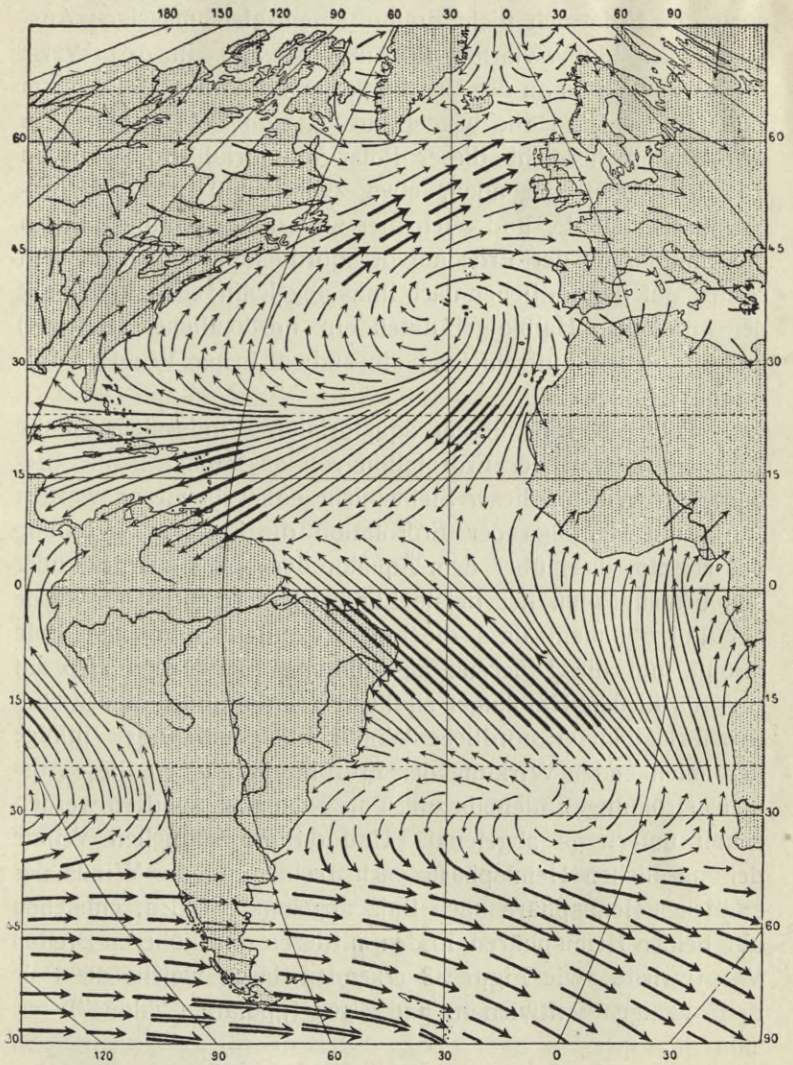
In Parallele zu dem gleichzeitig niedrigen Luftdruck ist der März, oft auch der Anfang April, ausgezeichnet durch sehr frische Winde, die als Frühjahrsstürme allgemein bekannt sind. Der September mit hohem Luftdruck bringt uns meistens für diese Zeit auffallend schönes Wetter, das manchmal bis in den Oktober hinein anhält. Man spricht dann von einem „Altweibersommer". Im Jahre 1907 brachte der September die schönen Herbsttage; der ganze Monat war aussergewöhnlich sonnig. Dagegen hatte der Oktober eine grosse Anzahl von Niederschlagstagen; der niedrige Luftdruck des Monats stimmt dazu.

Die Verteilung des Luftdrucks auf der Erdoberfläche ist im wesentlichen bedingt durch die Verteilung der Temperatur. Wir haben oben bereits erwähnt, dass hohe Temperaturen im Sinne einer Luftdruckerniedrigung wirken. Darum liegt in der Gegend des Äquators, wo sich die höchsten Temperaturen finden, eine Zone niedrigsten Luftdrucks, dem sich nördlich und südlich Gegenden mit starker Druckzunahme anschliessen. Die Gebiete des höchsten Luftdrucks liegen um 30° südlicher und nördlicher Breite. Diese beiden Gürtel hohen Druckes rund um die Erde führen nach dem Weltumsegler Ross den Namen „Rossbreiten". Polwärts wird der Luftdruck wieder geringer.

Natürlich erfahren die Luftdruckzonen erhebliche Beeinträchtigungen durch die Verteilung von Wasser und Land, sodass auch die auf einer Erdkarte eingetragenen „Linien gleichen Luftdrucks", die Isobaren, keineswegs unter sich parallel laufen.

In naher Beziehung zu der Luftdruckverteilung steht die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre.

Ihre Entstehungsursachen sind einerseits die Temperaturunterschiede auf der Erdoberfläche zwischen den Tropen und den Polargebieten; zweitens die Umdrehung der Erde



Figur 38.
Die Winde im Atlantischen Ozean im Juli und August.
(Zur allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre.)

um ihre eigene Achse. Die Temperaturunterschiede müssten, wenn die Erde sich nicht drehte, einen gleichmässigen Austausch der Luft zwischen Pol und Äquator in der Weise hervorrufen, dass an der Erdoberfläche die Luft vom Pol zum Äquator, in der Höhe wieder zurück zum Pole strömt. In Wirklichkeit herrscht dieser Polar-Äquatorial-Strom nur in den tropischen Gegenden, etwa zwischen 0^0 und 35^0 geographischer Breite, und auch hier sind die Strömungen durch die Umdrehung der Erde auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt, sodass sich auf der nördlichen Halbkugel unten ein nordöstlicher (Passat) und in oberen Luftschichten ein südwestlicher Wind (Antipassat) bildet.

Polwärts von diesem äquatorialen Windsystem ist die ablenkende Kraft der Erdrotation von ausschlaggebender Bedeutung. Wie an dieser Stelle nicht näher bewiesen werden kann, muss infolge der Erdrotation die Luftdruckverteilung derart sein, dass über dem Äquator der höchste Druck, über den beiden Polen der tiefste Luftdruck herrscht. Das würde zur Folge haben, dass die Luft von allen Seiten zum Pole strömt, um die Differenz auszufüllen. Es würden also auf der nördlichen Halbkugel südliche Winde und auf der südlichen Halbkugel nördliche Winde entstehen. Aber infolge der ablenkenden Wirkung der Erdrotation können diese Ausgleichströmungen niemals zum Pole gelangen, sondern werden schon unterwegs abgelenkt. Und da die südlichen Winde der nördlichen Hemisphäre nach rechts und die Winde der südlichen Hemisphäre nach links abgelenkt werden, entstehen auf beiden Hemisphären in den mittleren und höheren Breiten Westwinde, wie Figur 38 erkennen lässt, welche die Pole in gewaltigen Luftwirbeln umkreisen („polare Cyklone").

3. Jahresgang der Niederschläge.

Ganz unten auf unserer Tafel (oder auf dem Netzbogen) veranschaulichen wir den Jahresverlauf der Niederschläge. Er kommt zum Ausdruck in deren Höhe und Häufigkeit.

Wir addieren also zunächst die Zahlen aller Niederschlagsmessungen innerhalb eines Monats. Das ergibt beispielsweise für Januar 1907 die Summe von 39.3 mm. In der richtigen Höhe setzen wir eine Wagerechte in das entsprechende Feld unseres Netzes. So verfahren wir auch bei allen folgenden Monaten. (Die von der dadurch entstehenden gebrochenen Linie überdeckte Fläche macht den Eindruck wirklicher Niederschlagshöhen, wenn wir sie blau ausfüllen). Durch Zusammenzählen aller Monatssummen gewinnen wir schliesslich die Jahressumme der Niederschläge.

Die Zahlen für die Niederschlagstage können wir in die entsprechenden Monatsfelder mit eintragen.

In Fig. 34 haben wir die Linie für die normalen Niederschlagshöhen für Frankfurt a. M. eingetragen. Wir sehen, dass das Jahr 1907 von den durchschnittlichen Verhältnissen wenig abweicht. Das Typische findet sich deutlich herausgehoben. Auch die Jahressumme weicht mit 553 mm von der normalen, 596 mm, nicht gerade auffällig ab, die Zahl der Niederschlagstage mit 142 gegen 139 noch weniger. Nicht alle Jahre sind als Beispiel so geeignet. Denn die jährliche Regenmenge sowohl, wie deren Verteilung auf Monate und Tage ist für denselben Ort recht verschieden. In dem langjährigen Zeitraume schwankte die erstere in Frankfurt a. M. zwischen 937 und 366 mm. Die grösste Zahl der Niederschlagstage betrug 223 im Jahre 1868, die kleinste 107 im Jahre 1874. — Auch die Verteilung der Niederschläge auf die Monate kann sehr verschieden sein. So war in dem langen Zeitraume von 58 Jahren in Frankfurt a. M. fast jeder Monat einmal der regenreichste des Jahres.

Trotzdem kommt in unserer normalen Linie wie in der für 1907 eine gewisse Periodizität zum Ausdruck: Der April zeigt eine so niedrige Niederschlagzahl, dass sich sein schlechter Ruf, den er geniesst, wohl nicht aufrecht erhalten lässt. Vor allen Dingen sehen wir aber, dass die Hauptregenzeit in den Sommer fällt, nämlich in den Juli. In Bezug auf Niederschlagshäufigkeit können ihm wohl der Dezember und der

Januar zur Seite gestellt werden, nicht aber in Bezug auf Ergiebigkeit.

Zusammenfassend können wir also etwa sagen: In unserer Gegend liegt die Hauptregenzeit im Sommer. Winterregen sind zwar auch häufig, aber wenig ergiebig. Das Frühjahr und der Herbst zeigen ein Minimum im Niederschlagsverlauf.

Die beobachteten Niederschlagsmengen ändern sich erheblich von Ort zu Ort. In der Nähe der Küste und in grösseren Höhen, zumal auf der Luvseite der Gebirge, fällt erheblich mehr Regen als im ebenen Binnenland. Dagegen ist die oben dargelegte jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge in ganz Deutschland im grossen und ganzen dieselbe.

In anderen Gegenden der Erde sind jedoch die Niederschlagsverhältnisse im engen Anschluss an die dort vorhandenen Windverhältnisse wesentlich andere:

1. Der Äquator ist das Gebiet der täglich aufsteigenden Luftströme, die heftige Platzregen und Gewitter zur Folge haben. Hier liegt das Maximum der Niederschläge überhaupt.

2. Nördlich und südlich folgen die Zonen der Passatwinde. Diese führen Luftmassen, die im Absteigen begriffen sind, die also Niederschlagsbildung nicht veranlassen können. Der Passatgürtel ist deshalb über den Kontinenten durch grosse Trockenheit und infolgedessen Wüstenbildung ausgezeichnet. Da, wo jedoch die vom Meere kommenden Passatwinde an der Küste zum Aufsteigen gezwungen werden, bringen sie Niederschläge. Deshalb sind nahe dem Äquator alle Ostküsten regenreich.

3. In den Rossbreiten selbst mit hohem Druck und ausschliesslich absteigender Luft herrscht natürlich Trockenheit.

4. In der Region der Westwinde finden wir regenreiche Westküsten.

Diese Zonen erleiden jährliche Verschiebungen. Über dem Äquator steht die Sonne z. B. am 21. März im Zenith. Dann fallen in seiner Nähe die ergiebigen Platzregen. Nun

rückt sie bis 21. Juni nordwärts bis zum Wendekreis des Krebses und mit ihr die tropischen Regen. Hierauf wandert sie zurück. Die Gegenden nahe am Äquator haben also jährlich zwei Regenzeiten, eine in unserem Frühjahr, die andere in unserem Herbst. Nahe den Wendekreisen wird nur eine Regenzeit beobachtet, nämlich wenn die betreffende Halbkugel Sommer hat.

Mit der scheinbaren Wanderung der Sonne verschieben sich natürlich auch die Passatgürtel nord- und südwärts. Der nördliche erstreckt sich im Sommer bis ungefähr 45° n. Breite und zieht noch die Mittelmeerländer Spanien, Italien, und Griechenland in seinen Bereich. Diese haben dann ihre Trockenzeit. Im Winter reicht der Einfluss der Passate nur bis 30° n. Breite. Dann nimmt das Mittelmeergebiet an dem Regen der angrenzenden nördlichen Länder teil. Dort fallen nämlich in allen Jahreszeiten Niederschläge, so auch in Mitteleuropa und in unserer Gegend.

Im Sommer aber wird die Häufigkeit der Niederschläge auf dem Kontinent durch das Hinzukommen von Gewittern und Platzregen gesteigert. Diese verdanken ihre Entstehung dem Umstande, dass sich in der heissen Jahreszeit die Luft über dem Lande stärker erwärmt als über dem Meere, und dass sich deshalb leicht aufsteigende Strömungen bilden. Daher kommt es, dass unsere Hauptregenzeit in den Sommer fällt.

Der Jahresgang der relativen Feuchtigkeit widerspricht dieser Tatsache anscheinend. Deren Maximum liegt nämlich im Winter, ihr Minimum im Sommer. Es hängt das zusammen mit der grösseren Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf bei höherer Temperatur. Die Sommerregen sind von der relativen Feuchtigkeit wenig abhängig, da ihr Zustandekommen von den Verhältnissen in höheren Luftschichten bedingt wird.

Neben der Temperatur sind die Niederschläge der den Anbau von Kulturpflanzen bedingende nächstwichtige Faktor. Die Botanik weist nach, dass keine Pflanze ohne Wasser gedeihen kann und wir wissen es längst aus eigener Erfahrung. Die Höhe und jährliche

Verteilung der Niederschläge kommt darum auf der ganzen Erde in dem Grad und der Art der Bodenbewirtschaftung zum Ausdruck. Das gilt auch für Mitteleuropa.

Soweit der Mensch nicht verändernd eingreift, findet man an höher gelegenen Orten, wo die ankommenden Luftmassen im Aufsteigen begriffen sind, und wo deshalb reichliche Niederschläge fallen, überall ausgedehnte Waldbestände und Weiden. In tieferen Lagen blüht der Ackerbau. Den ergiebigen Sommerregen lässt der Landwirt seinen Hackfrüchten, wie Kartoffeln und Zuckerrüben zugute kommen. Der regenarme April ist der Aussaat des Sommergetreides gewidmet; der sonnige Herbst ist der Aussaat von Winterweizen und Winterroggen günstig und ist in seinem Anfang die Haupterntezeit.

Alle diese Betrachtungen im Anschluss an unsere Schulbeobachtungen gestalteten sich als Ausflüge in die allgemeine Klimatologie, und wir lernten dabei in grossen Zügen das Verhalten der Hauptwetterelemente in den verschiedenen Zonen der Erde kennen.

Doch ist das Klima eines Landes durchaus nicht so beständig, dass man schon lange vorher auf das dort zu erwartende Wetter schliessen könnte. Nur in den Tropen ist das Klima zugleich das Wetter.

Bei uns sind die zufälligen Abweichungen von den zu erwartenden klimatischen Verhältnissen gross, und sie hindern besonders den Landmann oft, seine Jahresarbeit nach festgelegtem Plane erfolgreich durchzuführen und schädigen ihn manchmal schwer. In unserer Gegend kommt es darum darauf an, im Interesse aller im Freien arbeitenden Berufe das zu erwartende Wetter vorauszusehen. Auf längere Zeit ist das zwar heute noch nicht möglich, wohl aber vermag man mittels der Hilfsmittel der modernen Wetterkunde mit grosser Sicherheit das Wetter auf ein bis zwei Tage vorherzuerkennen. Dazu ist aber nötig, dass man mit den Grundzügen der modernen Wettervorhersage vertraut ist, wie sie im folgenden dargelegt werden. Unsere bisherigen Betrachtungen werden ihrem Verständnis wesentliche Dienste leisten.

Vierter Teil.

Wetterkunde und Wetterdienst.

1. Die Wetterkarte.

Die moderne Wetterkunde unterscheidet sich von den älteren Versuchen der Wettervorhersage dadurch, dass sie die gleichzeitigen Witterungsverhältnisse über einem grossen Gebiet betrachtet. Wenn man früher seine Voraussage allein auf das, was man sah und an Ort und Stelle messen konnte, gründete, so ist es leicht begreiflich, dass man nach diesen Methoden wohl die in den nächsten Stunden eintretenden Witterungserscheinungen vorhersehen konnte, dass jedoch eine Prognose auf den nächsten Tag, wie es unumgänglich erforderlich ist, in der grössten Mehrzahl aller Fälle versagte. Der Grund liegt darin, dass die Witterungserscheinungen ausserordentlich schnell wechseln, da sich die Tief- und Hochdruckgebiete, mit denen bestimmte Witterungscharaktere verbunden sind, an einem Tage um viele Hundert Kilometer verlagern. Unsere lokalen Beobachtungen können uns da wenig nützen.

Es ist darum nötig, dass man der Wetterprognose die Beobachtungen eines über weite Gegenden ausgebreiteten Stationsnetzes zu Grunde legt, für Deutschland von ganz Europa. Auf Grund einer internationalen Vereinbarung werden daher täglich zu denselben Tagesstunden meteorologische Beobachtungen angestellt und an die Zentralstellen telegraphisch weitergegeben, von wo man sie in Form von chiffrierten Telegrammen beziehen kann.

Es würde aber ziemlich schwierig sein, über die grosse Menge des Beobachtungsmaterials einen genauen Überblick zu bekommen, wenn wir nicht ein Mittel besässen, uns das Wetter von ganz Europa schnell zu veranschaulichen. Und dieses wichtigste Hilfsmittel der modernen Wetterkunde, durch dessen Einführung der jetzige Wetterdienst überhaupt erst ermöglicht wurde, ist die Wetterkarte. Seit ihrer Einführung spricht man von einer „synoptischen" Betrachtungsweise.

In der Wetterkarte sind die Werte der meteorologischen Elemente, wie sie um 8 Uhr vormittags beobachtet werden, in Form von Zeichen, Zahlen und Kurven eingetragen. Jede Station ist durch einen Kreis bezeichnet, welcher je nach dem Masse der Bewölkung weiss bleibt oder $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ oder ganz ausgefüllt ist. Es bedeutet

○ der Himmel ist wolkenlos (oder klar),
◔ der Himmel ist zu einem Viertel bedeckt oder heiter,
◑ der Himmel ist halb bedeckt,
◕ der Himmel ist zu drei Vierteln bedeckt oder wolkig,
● der Himmel ist ganz bedeckt.

Wenn während der Beobachtung Niederschläge fallen, oder besondere Himmelserscheinungen sichtbar sind, so wird auch das durch das betreffende Zeichen daneben vermerkt. Es bedeutet: ⊘ Regen, ✳ Schnee, ∞ Dunst, ≡ Nebel, ⊼ Gewitter.

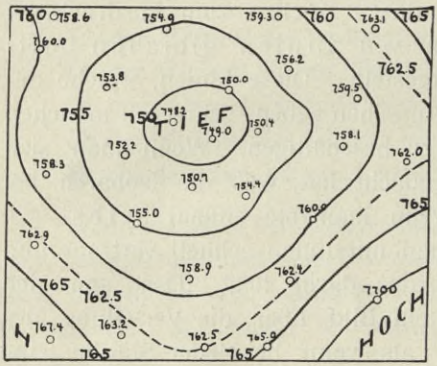
Die Temperatur wird in Celsiusgraden neben die Station geschrieben. Vielfach wird auch der in den letzen 24 Stunden gefallene Niederschlag durch eine neben dem Stations kreis stehende kleinere und unterstrichene Zahl angegeben, und zwar in Litern pro qm, oder, was dasselbe sagen will, in mm Regenhöhe. Ist der Niederschlag in Form von Schnee gefallen, so wird der Schnee getaut, und die Zahl deutet an, wie hoch die entsprechende Regenhöhe gewesen wäre.

Der Wind wird in Form von Pfeilen, die mit den

Winden fliegen und deren Spitzen in den Stationen selbst liegen, ausgedrückt. Die Richtung, aus welcher der Pfeil auf die Station zufliegt, ist die Windrichtung, z. B. ⚲ Nord, ⚲ Südwest. Herrscht Windstille, so wird ein konzentrischer Kreis um den Stationskreis herumgezeichnet ◎. Die Stärke des Windes wird durch Federn am Windpfeil angedeutet. Sie wird in der Beaufort-Skala, Stärke 0 bis 12, angegeben (s. Teil II, Seite 57). Da jedoch die Anbringung von so vielen Federn verwirren würde, hat man sich entschlossen, nur halb so viel Federn an den Pfeil anzubringen, wie sie die Beaufort-Skala aufweist: d. h. ein kleiner (halber) Strich bedeutet Windstärke 1 der Beaufort-Skala, ein längerer (ganzer) Strich Windstärke 2, zwei lange Striche Windstärke 4 u. s. w. bis Windstärke 12.

Das wichtigste Element, der Luftdruck, ist jedoch weder durch Zahlen noch durch Zeichen zum Ausdruck gebracht, sondern in Form von Linien gleichen Luftdruckes (Isobaren) dargestellt. Diese Linien, welche der Wetterkarte ihr typisches Aussehen geben, schrecken manchen ab, sich mit ihr genauer zu beschäftigen. Wenn man sich jedoch nur einmal hineingedacht hat, was die Isobaren bedeuten, besonders aber, wenn man sie einmal selbst gezeichnet hat, so wird man mit ihnen schnell vertraut und lernt ihren Wert schätzen, der darin liegt, dass man sich mit ihrer Hilfe schneller ein Bild über die Verteilung des Luftdrucks machen kann, als wenn bei jeder Station eine Zahl oder ein Zeichen stände. Es kann nicht dringend genug empfohlen werden, sich einmal von der nächsten Wetterdienststelle vorgedruckte Formulare und die Originalwettertelegramme geben zu lassen, die Luftdruckwerte einzutragen, um danach selbst die Isobaren zu entwerfen. Auch in den Schulen wird man diese Übungen mit grossem Erfolg verwenden können. — Wer einmal eine Wetterkarte entworfen hat, wird sich schneller über alle ihre Zeichen informieren, als wenn er sie oft und ausführlich betrachtet, und er wird nie vergessen, was sie bedeuten.

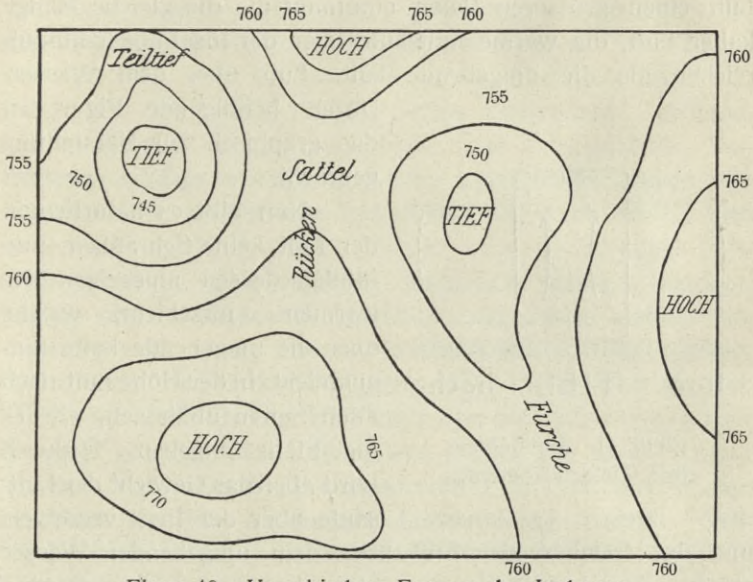
Die Linien gleichen Luftdrucks werden in der Regel für jede volle fünf Millimeter gezeichnet. Nur in besonderen Fällen, um irgend eine komplizierte Wetterlage hervorzuheben, wird bisweilen noch eine Zwischenisobare im Abstande von $2^1/_2$ mm eingeschoben. Beim Zeichnen der Isobaren muss man zwischen den Stationen diejenigen Punkte aufsuchen, an denen der Luftdruck schätzungsweise gerade den Wert der Isobaren hätte; man nennt das „interpolieren". Hat man eine Isobare zu zeichnen angefangen, so braucht man nur noch darauf zu achten, dass auf der einen Seite die Luftdruckwerte liegen bleiben, welche höher sind, auf der andern diejenigen, welche niedriger sind als der Wert der zu zeichnenden Isobare. Figur 39 soll das veranschaulichen.



Figur 39. Entwerfen der Isobaren.

Die Isobaren kann man mit den Höhenlinien der Landkarten vergleichen, mit deren Hilfe man die dargestellte Gegend direkt plastisch sieht, d. h. ihre Höhenunterschiede leicht erkennen kann. Auch die Wetterkarte sollte man gleichsam plastisch betrachten, die Hochdruckgebiete als Erhöhungen, die Tiefdruckgebiete als trichterförmige Vertiefungen sehen. Dann wird man die Gegenden, welche zwei Tiefdruckgebiete miteinander verbinden, als Furche tiefen Druckes und die Gegend zwischen zwei Hochdruckgebieten als Rücken hohen Druckes sehen. Man sieht von selbst, wenn ein Hochdruckgebiet flach ist (nämlich, wenn nur wenige Isobaren vorhanden sind) und wenn ein Tiefdruckgebiet tief ist (bei grosser Anzahl der Isobaren). Figur 40 zeigt die verschiedenen Formen der Isobaren.

Vermittels dieser Isobaren kann man nun mit einem Blick erkennen, in welchen Gegenden sich Gebiete mit hohem Druck und Tiefdruckgebiete aufhalten. Und damit ist auch der Witterungscharakter dieser Gegenden gegeben, wie in folgendem auseinandergesetzt werden soll



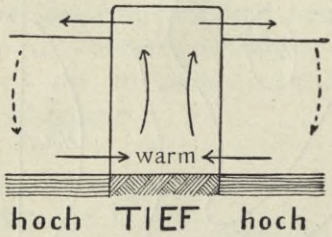
Figur 40. Verschiedene Formen der Isobaren.

2. Die vertikale Luftbewegung in den Hoch- und Tiefdruckgebieten.

In den früheren Kapiteln ist schon häufig darauf hingewiesen worden, welch enge Beziehungen zwischen den verschiedenen meteorologischen Elementen (Temperatur, Niederschläge, Wind, Feuchtigkeit und Bewölkung) und der Verteilung des Luftdruckes bestehen. Es soll jetzt dazu übergegangen werden, diese Beziehungen zu erklären.

Zu dem Zwecke denken wir uns, dass irgend eine in sich abgeschlossene Gegend — sagen wir eine Insel mitten in einem Ozean — wärmer sei als ihre Umgebung, und dass auch die Luft über dieser Insel wärmer sei als die Luft über

dem umgebenden Wasser (Figur 41). Dabei möge der Luftdruck über dem Meere zunächst derselbe sein wie über der Insel. Denken wir uns einmal, die warme Luft sei über der Insel abgeschlossen gegen die umgebende Luft über dem Wasser. So würde, da eine gleiche Gewichtsmenge warmer Luft einen grösseren Raum einnimmt als die gleiche Menge kalter Luft, die warme Luftsäule über der Insel höher hinaufreichen als die umgebende kalte Luft über dem Wasser. Durch beifolgende Figur ist das graphisch zur Darstellung gebracht.



Figur 41. Entstehung eines Tiefdruckgebietes.

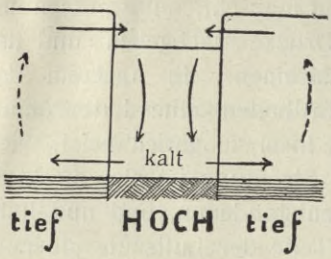
Nun gibt es natürlich in der Luft keine Schranken, und infolge dessen muss von der warmen Luftschicht, welche über die umgebende kalte hinausreicht, in der Höhe Luft nach allen Seiten abfliessen, wie es die Pfeile angeben. Dadurch wird aber das Gewicht der Luftsäule über der Insel verringert und das Gewicht der Luft über dem umgebenden Wasser erhöht. Der Luftdruck muss also über der warmen Gegend sinken und über der kälteren Umgebung ansteigen. Es entsteht daher über der Insel ein Tiefdruckgebiet, das von höherem Drucke umgeben ist.

Diese einfachste Erklärung für die Entstehung eines Tiefdruckgebietes ist allein hergeleitet aus einer vorher bestehenden Temperaturdifferenz zwischen benachbarten Gegenden. Wenn also über einer Gegend die Luft wärmer ist als in ihrer Umgebung, so besteht hier die Neigung zur Bildung eines barometrischen Tiefdruckgebietes (oder einer „Depression").

Gleichzeitig mit der Bildung von Luftdruckunterschieden entsteht aber in der Natur die Neigung, sie wieder auszugleichen. Die Luft, die an einer Stelle unter höherem Drucke

steht, als er in der Nachbarschaft herrscht, muss infolge ihrer leichten Beweglichkeit diesem Drucke nachgeben und nach der Gegend tiefen Druckes hinströmen. In unserem Falle entsteht also dicht über dem Erdboden eine Luftströmung, welche von allen Seiten auf die Insel zu gerichtet ist, wie es die Pfeile angeben. Die untere Strömung ist also direkt entgegengesetzt der in der Höhe entstandenen, und nun haben wir den Fall, dass im oberen Teile der Luftsäule über der Insel die Luft nach allen Seiten fortwährend abfliesst, während unten in gleicher Weise Luft hereinströmt. Von letzterer nehmen wir an, dass sie stets wieder durch die wärmere Insel auf höhere Temperatur gebracht wird. Und so kommt es, dass diese vorerst rein horizontalen Luftströmungen in eine vertikale übergehen müssen insofern, als die oben abströmende Luft durch die unten zuströmende ersetzt werden muss. Die im barometrischen Tiefdruckgebiet vorhandene Aufwärtsbewegung der Luft findet so ihre leicht fassbare Erklärung. Die Kontinuität der Luftströmung wird dadurch gewahrt, dass über dem Ozean die in der Höhe aus dem Tiefdruckgebiete ausgeströmte Luft allmählich wieder herabfällt und so die untere Luftströmung ersetzt. Wir werden später sehen, welch grosse Wichtigkeit diese vertikale Luftströmung in Hoch- und Tiefdruckgebieten, nämlich die Aufwärtsbewegung im Tiefdruckgebiet und die Abwärtsbewegung im Hochdruckgebiet besitzt, und wie wir aus ihnen die hauptsächlichsten Eigenschaften und Witterungsvorgänge erklären können.

In gleicher Weise wollen wir uns die vertikalen Luftströmungen über einem Hochdruckgebiete erklären. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, dass die vorher gedachte Insel kälter sei als das umgebende Meer, und auch die Luftsäule über ihr eine tiefere Temperatur habe (Figur 42). Dann reicht die gedachte Luftsäule nicht so hoch hinauf wie in der wärmeren Umgebung. Es muss also in der Höhe von allen Seiten Luft zufliessen, sodass, wenn vorher der Luftdruck über der Insel und dem Wasser der gleiche war, der



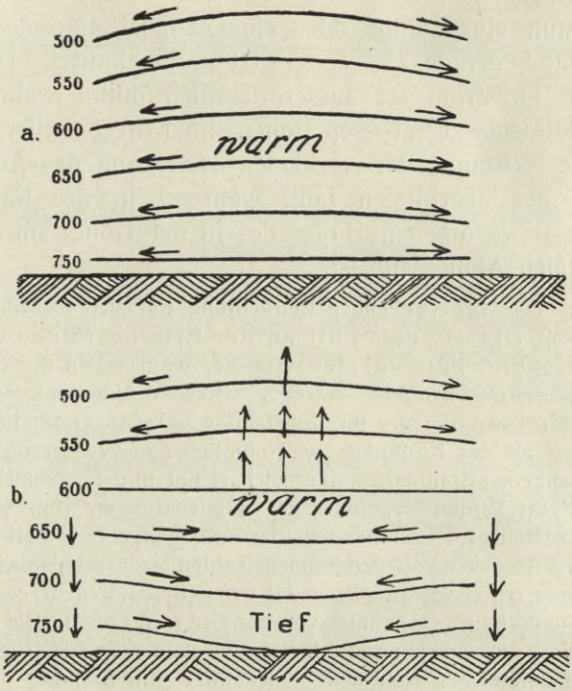
Figur 42. Entstehung eines Hochdruckgebietes.

Luftdruck über der Insel nunmehr zunehmen und über dem Wasser abnehmen muss. Es entsteht also über der kälteren Gegend ein Hochdruckgebiet, während in der wärmeren Umgebung ein tieferer Druck herrscht.

Diese Druckunterschiede haben nun, wie soeben erwähnt, zur Folge, dass die Luft an der Erdoberfläche vom höheren Druck zum tieferen zu strömen beginnt, also aus dem Hochdruckgebiet nach allen Seiten abfliesst, wie es die Pfeile in der Figur anzeigen, und da die abströmende Luft durch die zuströmende ersetzt wird, so muss sich über dem Hochdruckgebiete ein absteigender Luftstrom bilden, während sich über dem Tiefdruckgebiete der Kreislauf der Luft schliesst.

Die Entstehung der Luftzirkulation in Hoch- nnd Tiefdruckgebieten infolge von Temperaturverschiedenheiten kann man auch in folgender Weise darstellen. Denken wir uns eine Luftsäule, die in der Mitte warm und an den Seiten kalt ist, und denken wir uns ferner einen senkrechten Schnitt durch diese gelegt, so sind die Durchschnitte der Flächen gleichen Luftdruckes Linien gleichen Luftdruckes. Die Erdoberfläche selbst ist dann auch eine Linie gleichen Luftdruckes, wie wir oben vorausgesetzt haben und zwar eine gerade. Wir nehmen sie mit 760 mm an. Die Isobare von 700 mm wird dann jedoch keinen geradlinigen Verlauf mehr zeigen, sondern, wie in der Figur 43 ersichtlich, über der warmen Gegend nach oben ausgebuchtet sein. Ebenso in noch stärkerer Weise die folgenden Isobaren. Der Grund dafür ist der schon vorher angegebene, nämlich, dass die wärmere Luft erst in einer grösseren Höhe der Luftsäule denselben Druckunterschied hervorruft, wie die benachbarte kalte. Die Luft ist gewissermassen über der wärmeren Gegend „aufgelockert". Es ist nun sofort klar, dass die Luft in der Höhe infolge ihrer Schwere gewissermassen auf den schrägliegenden Flächen gleichen Druckes nach aussen abfliessen muss. Dadurch sinkt über der wärmeren Gegend der Luftdruck, und es entsteht die zweite Figur, in welcher die untersten Flächen gleichen Druckes nach unten gewölbt sein müssen, weil jetzt über der warmen Gegend der Luftdruck infolge des Abfliessens der

Luftmassen geringer geworden ist. Es erklärt sich nun auch leicht, dass die Luft am Erdboden aus dem Hochdruckgebiete heraus nach der warmen Gegend hinströmen muss. Aus dem Zuströmen in der Tiefe und Abfliessen in der Höhe ergibt sich dann ebenfalls die Notwendigkeit eines langsamen Aufsteigens der Luftmasse über der Gegend tiefsten Druckes.



Figur 43. Entstehung eines Tiefdruckgebietes über einer warmen Gegend.

Man pflegt sich dieses Aufsteigen der Luft über einer warmen Gegend oft experimentell durch eine Lampe oder einen Ofen zu versinnbildlichen, über denen die Luft in einer rapiden Aufwärtsströmung begriffen ist. Das Bild führt jedoch leicht irre und ist auch streng genommen nicht ganz richtig. In der Atmosphäre stellt sich ein solches Tiefdruckgebiet dar als eine ausserordentlich flache Luftscheibe, deren

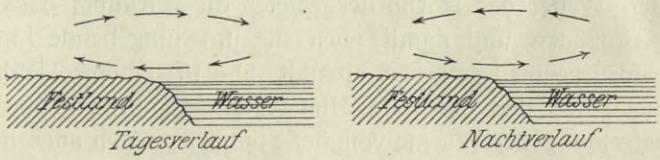
horizontale Erstreckung oft einige tausend Kilometer im Durchmesser aufweist, während die vertikale Erstreckung nur wenige Kilometer beträgt. Wenn man sich dieses Verhältnis 1 : 1000 zum ersten Male versinnbildlicht, so ist man überrascht durch die unerwarteten Proportionen der Tief- und Hochdruckgebiete. Über einer erhitzten Fläche im Zimmer, sei es nun eine Lampe oder ein Ofen, ist die entstehende Luftströmung gerade entgegengesetzt proportioniert. Der aufsteigende Luftstrom ist ausserordentlich dünn, während er zu verhältnismässig grossen Höhen hinaufsteigt. Hier ist die treibende Wirkung der vertikalen Bewegung das Aufwärtsströmen der überhitzten Luft, während in der Natur die vertikale Bewegung eine Folge des in der Höhe eintretenden horizontalen Abfliessens ist.

Aus der vorhergehenden Betrachtung hat sich das allgemeine Grundgesetz ergeben, dass Luft an der Erdoberfläche von der kalten Gegend zur warmen fliesst, während in der Höhe die entgegengesetzte Strömung einsetzt. Diesem Umstand verdanken z. B. die Monsun-Winde ihre Entstehung. Da der Ozean im Winter wärmer ist als der Kontinent, weil nämlich das Wasser die Wärme des vergangenen Sommers aufgespeichert hat und langsamer abgibt, entstehen im Winter regelmässige Luftströmungen vom Kontinent zum Ozean hin. Im Sommer tritt der entgegengesetzte Fall ein; das Land wird schneller von den Sonnenstrahlen erwärmt als das Wasser wegen der geringen Wärmekapazität der Erde. Infolgedessen fliessen die Monsun-Winde im Sommer von der See zum Lande. Die Monsun-Winde sind am charakteristischsten zwischen dem Indischen Ozean und dem asiatischen Kontinent ausgebildet. Im Sommer der nördlichen Halbkugel weht deshalb in Indien der Monsun aus südlicher Richtung, während er im Winter von Norden kommt.

Aber auch schon der tägliche Wechsel von Tag und Nacht bringt ähnliche periodische Windströmungen an den Küsten mit sich, nämlich die Land- und Seewinde. Nachts, wo das Land sich schneller abkühlt als die See, wehen Landwinde; am Tage, wo das Land sich schneller erwärmt, wehen Seewinde. Sie reichen jedoch nur bis zu geringen Höhen hinauf; oben herrschen entgegengesetzte Strömungen (s. Fig. 44).

Auch in den Gebirgen kennt man die durch ungleiche Erwärmung der Luft an den Bergen und über dem Tal entstehenden periodischen Winde. Die Luft in der Nähe der Berge erwärmt sich

tagsüber infolge der Sonnenwirkung auf die Hänge stärker als die Luft in der freien Atmosphäre, nachts kühlt sie sich mit den Bergen schneller ab; es entstehen also nachts die Bergwinde, während der Wind am Tage nach den Bergen hinweht, Talwind.



Figur 44. Land- und Seewinde.

3. Bewölkung und Sonnenstrahlung in Hoch- und Tiefdruckgebieten.

Die vertikalen Luftbewegungen sind, obgleich sie nur ganz langsam vor sich gehen, nämlich nur wenige Zentimeter in der Sekunde betragen, doch von einschneidender Bedeutung für die Witterung. Wie oben Seite 66 ff. ausführlich auseinandergesetzt worden ist, muss aufsteigende Luft Wolken bilden, während absteigende Luft immer relativ trockener wird. In Tiefdruckgebieten mit ihren aufsteigenden Luftmassen herrscht deshalb stets trübes Wetter, während der absteigende Luftstrom der Hochdruckgebiete meist heiteren Himmel zur Folge hat. So erklären sich die Bewölkungsunterschiede der beiden verschiedenen Luftdruckgebiete in sehr einfacher und einleuchtender Weise.

Der Unterschied in der Bewölkung zwischen Hoch- und Tiefdruckgebieten zieht aber noch eine weitere Folge nach sich, nämlich eine Verschiedenheit in der Wirkung der Sonnenstrahlung. Wenn im Sommer in einer Gegend mit hohem Druck die Sonne ungehindert den Erdboden bestrahlen kann, während im benachbarten Tiefdruckgebiet die vorhandene Bewölkung die Sonnenstrahlung abhält, so ist es leicht erklärlich, dass die Lufttemperatur im Hochdruckgebiete höher ist. Das gilt aber nur für den Sommer, wo die Tage länger sind als die Nächte. Im Winter hingegen, wenn die

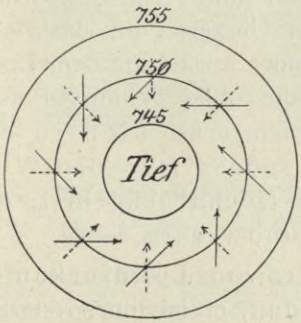
Sonne nur in den wenigen Mittagsstunden scheint, während in den langen Nächten umgekehrt die Wärme vom Erdboden hinausgestrahlt wird in den kälteren Weltenraum, ist gerade das Entgegengesetzte der Fall. Im Winter hat das heitere Wetter des Hochdruckgebietes die Wirkung, dass sich der Erdboden und damit auch die ihn umgebende Luft im Hochdruckgebiete stärker abkühlt als in einem Tiefdruckgebiete, wo der bewölkte Himmel nicht nur tagsüber die Einstrahlung der Wärme von der Sonne, sondern auch nachts die Ausstrahlung der Wärme in den Weltenraum verhindert.

Wenn wir also die Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Luftdruckverteilung angeben wollen, müssen wir zwischen Sommer und Winter unterscheiden. In den Übergangsjahreszeiten, Frühjahr und Herbst, kann man eine allgemeine Regel für die Abhängigkeit der Temperatur vom Luftdruck nicht aufstellen. Die Lufttemperatur richtet sich hier in erster Linie nach der Herkunft der Luft, nämlich der Windrichtung, wie wir sogleich noch genauer sehen werden.

4. Die horizontalen Luftströmungen.

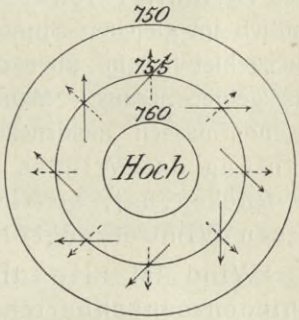
In § 2 dieses Kapitels ist hervorgehoben worden, dass der Wind an der Erdoberfläche stets aus dem Hochdruckgebiete in das Tiefdruckgebiet wehen muss, um die in der Höhe abfliessende Luft zu ersetzen. Die Figur 45a soll den Grundriss des eingangs behandelten Tiefdruckgebietes darstellen. Die gestrichelten Windpfeile stellen die zu erwartende, von allen Seiten nach dem Tiefdruckgebiete gerichtete Luftbewegung dar. Sie würde bewirken, dass das entstandene Tiefdruckgebiet sehr bald wieder ausgeglichen wird, wenn nicht eine andere Naturkraft hier einwirkte, nämlich die infolge der Umdrehung der Erde. Diese fortwährende Rotation der Erde um ihre eigene Achse hat zur Folge, dass jede Bewegung eines Körpers — die Luft müssen wir ebenfalls als einen Körper betrachten — nicht in der anfangs vorhanden gewesenen geradlinigen Richtung bleibt, sondern auf der nördlichen Halbkugel nach rechts und auf der südlichen Halb-

kugel nach links abgelenkt wird. Es ist bekannt, dass jedes Geschoss diese Ablenkung erfährt, und man kann berechnen, dass die Ablenkung in den Tropen am geringsten ist, am Äquator sogar vollkommen verschwindet, und dass sie in der Nähe der Pole am stärksten auftritt. Wenden wir das an auf die Luftströmung in der Umgebung eines Tiefdruckgebietes, so bezeichnen nicht die gestrichelten Windpfeile die wirklich eintretende Strömung, sondern die stärker ausgezogenen Pfeile, welche gegen die gestrichelten alle eine Ablenkung nach rechts aufweisen. Die Luft fliesst also nicht



Cyklone

Figur 45a.



Anticyklone

Figur 45 b.

Luftzirkulation in Tief- und Hochdruckgebieten.

direkt in das Tiefdruckgebiet hinein, sondern sie fliesst um das Tiefdruckgebiet herum und zwar so, dass der tiefe Luftdruck immer zur linken Seite des Windes bleibt. Es entsteht um das Tiefdruckgebiet herum eine Rotationsbewegung und zwar im entgegengesetzten Sinne der Drehung des Uhrzeigers (cyklonale Luftzirkulation). Dieses Gesetz ist unter dem Namen des Buys-Ballot'schen Windgesetzes oder auch des barischen Windgesetzes bekannt. Man kann es auch in folgender Form ausdrücken: Stellt man sich in die Richtung des Windes, sodass man den Wind im Rücken hat, dann liegt das

Tiefdruckgebiet, welches diesen Wind erzeugt, vorne und links.

In ähnlicher Weise können wir die Windströmung im Hochdruckgebiete herleiten (siehe Figur 45b). Hier bedeuten wieder die gestrichelten Linien die ursprünglich wegen des Luftdrucksunterschiedes zu erwartende Windströmung, welche infolge der Erdrotation nach rechts abgelenkt wird, sodass die stark ausgezeichneten Pfeile nunmehr die wirkliche Luftbewegung darstellen. Um ein Hochdruckgebiet entsteht also eine Luftrotation, welche der im Tiefdruckgebiet entgegen gesetzt ist (anticyklonale Luftzirkulation). Die Luft strömt nämlich im gleichen Sinne wie der Uhrzeiger um das Hochdruckgebiet herum, aber dabei immer etwas aus dem Hochdruckgebiet heraus. Man kann die obige Windregel auch folgendermassen ausdrücken: Wenn man sich in die Richtung des Windes stellt, sodass man den Wind im Rücken hat, so liegt das Hochdruckgebiet, das diesen Wind erzeugt, hinten und rechts.

Wind ist also die Folge von Luftdruckunterschieden benachbarter Gegenden; er ist um so stärker, je grösser die Unterschiede sind. In der Wetterkarte treten die Luftdruckunterschiede durch die Isobaren in Erscheinung; bei grossen Luftdruckunterschieden rücken die Isobaren nahe aneinander. Betrachten wir dieses wieder plastisch, so ergibt sich das Bild eines steil abfallenden Geländes. Wir sprechen hier von starkem „Gefälle"; die entsprechende Bezeichnung in der Meteorologie heisst Gradient. Je näher die Isobaren aneinander liegen, um so stärker ist der Gradient, um so grösser also ist die Windstärke.

In der Meteorologie bezieht man den Luftdruck-Gradienten stets auf den Abstand zweier Breitengrade (111 km). Wenn auf 111 km ein Luftdruckunterschied von 2 mm existiert (der Gradient 2 mm beträgt), so entspricht das an der Erdoberfläche einer Windgeschwindigkeit von etwa 7 m p. Sek., also dem drei- bis vierfachen numerischen Werte.

Da wir nun gewöhnlich sehen, dass in den Tiefdruckgebieten die stärksten Gradienten vorkommen, so müssen

wir mit der Tatsache rechnen, dass in den Tiefdruckgebieten der Wind stärker ist als in Hochdruckgebieten.

Nun können wir alles das, was wir in den vorhergehenden Paragraphen über die charakteristischen Witterungsunterschiede in Hoch- und Tiefdruckgebieten ausgeführt haben, in einer kleinen Tabelle zusammenstellen:

Tiefdruckgebiet	Meteorologische Elemente	Hochdruckgebiet
tief	*Luftdruck*	hoch
windig	*Wind*	ruhig
trübe	*Bewölkung*	heiter
regnerisch	*Niederschläge*	trocken
im Sommer kühl im Winter mild	*Lufttemperatur*	im Sommer warm im Winter kalt

5. Charakteristische Eigenschaften der verschiedenen Quadranten der Tief- und Hochdruckgebiete.

Betrachten wir noch einmal die Figuren 45a u. b, welche einen horizontalen Schnitt durch die Luftströmungen in den Hoch- und Tiefdruckgebieten darstellen, so sehen wir, dass in den einzelnen Quadranten stets die gleichen Windrichtungen herrschen müssen: Im östlichen Quadranten eines Tiefdruckgebietes herrschen südliche Winde, während im westlichen Quadranten nördliche Winde gefunden werden. Beim Hochdruckgebiet ist es gerade entgegengesetzt. Befindet sich also eine Gegend einige Zeit z. B. an der östlichen Seite eines Tiefdruckgebietes, so wird solange Luft aus südlichen Regionen herangeschafft. Da es in den südlichen Gegenden wärmer ist, muss dadurch die Lufttemperatur verhältnismässig hoch werden. Und so kann man den 4 Quadranten der Tief- und Hochdruckgebiete gemäss der Herkunft der Winde gewisse Eigenschaften zuschreiben, welche im grossen und ganzen stets zutreffen, besonders dann, wenn ein ausgedehnteres Tief- oder Hochdruckgebiet seine Lage nur langsam verändert; so ist also die östliche Seite eines

Tiefdruckgebietes warm, weil sie südliche Winde hat, und die westliche Seite ist kalt, weil sie nördliche Winde hat. Ähnlich ergibt sich, dass die südliche Seite eines Tiefdruckgebietes feuchte Luft vom Ozean bekommt, also hier die Neigung zu Niederschlägen am grössten ist, während auf der nördlichen Seite eines Tiefdruckgebietes östliche Luft aus dem Kontinent angesogen wird, welche längere Zeit hindurch keine Gelegenheit gehabt hat, Feuchtigkeit aufzunehmen, sondern im Gegenteil die ursprüngliche Feuchtigkeit abgegeben hat. (s. Fig. 46). In Hochdruckgebieten ist aus ganz

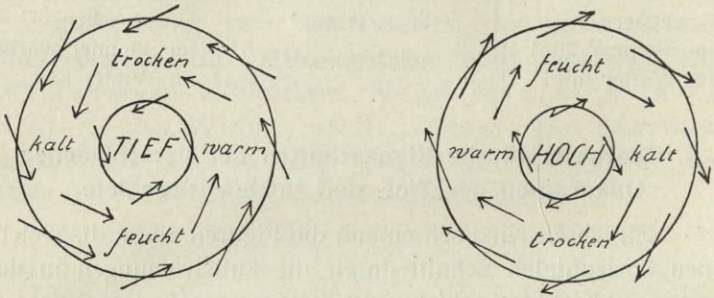


Fig. 46. Eigenschaften der 4 Quadranten der Hoch- u. Tiefdruckgebiete.

den gleichen Gründen die nördliche Seite mit westlichen Winden feucht, die südliche Seite mit östlichen Winden trocken, die Westseite mit südlichen Winden warm und die Ostseite mit nördlichen Winden kalt.

Aber noch weitere Unterschiede können wir feststellen. Besonders auffallend ist der Unterschied zwischen West- und Ostseite eines Tiefdruckgebietes. Da die Tiefdruckgebiete gewöhnlich von Westen nach Osten ziehen, so ist die Ostseite zugleich die Vorderseite und die Westseite die Rückseite eines Tiefdruckgebietes. Demzufolge spricht man in der Wetterkunde von Vorder- und Rückseitenwetter. Auf der Vorderseite eines Tiefdruckgebietes besteht die Neigung zu trübem, regnerischem Wetter. Dieser Übergang tritt aber

erst allmählich ein, gerade im Gegensatz zu den Verhältnissen auf der Rückseite eines Tiefdruckgebietes, wo die Wendung zum Besseren meist plötzlich eintritt, aber stets noch einige Rückfälle in Gestalt von Regenschauern — im Frühjahr und Winter auch wohl Graupel- und Schneeschauern — in Verbindung mit böigen (d. h. stossweisen) Winden vorkommen. Dieses Rückseitenwetter ist unter dem Namen „Aprilwetter" im Volke auch wohl bekannt. Folgende Tabelle soll die Eigenschaften der Rück- und Vorderseite zusammenstellen:

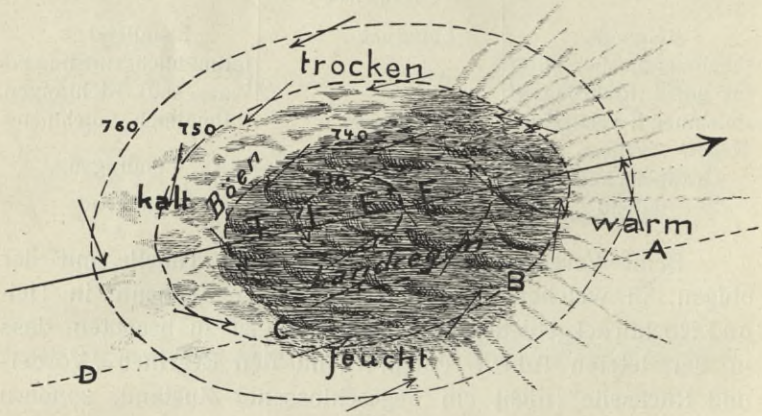
Rückseite	Meteorologische Elemente	Vorderseite
steigend	*Luftdruck*	fallend
abnehmend, aber böig aus nördl. Richtungen	*Wind*	allmählich zunehmend aus südl. Richtungen
abnehmend, wechselnd	*Bewölkung*	allmählich zunehmend
Regen-, Schnee- oder Graupelschauer	*Niederschläge*	Landregen
fallend	*Temperatur*	steigend

Beim Vergleich der eben genannten Tabelle mit der obigen, in welcher die Eigenschaften der Elemente in Tief- und Hochdruckgebieten dargestellt sind, ist zu beachten, dass in der letzten Tabelle entsprechend den Begriffen „Vorder- und Rückseite" nicht ein abgeschlossener Zustand, sondern immer der Übergang und die Änderung ausgedrückt ist, z. B. ist oben vom Tiefdruckgebiet gesagt, dass der Luftdruck tief ist, von der Vorderseite aber, dass er fällt.

6. Wetteränderung beim Vorübergang eines Tiefdruckgebietes.

Stellen wir nun die bisher abgeleiteten Eigenschaften eines Tiefdruckgebietes und seiner verschiedenen Quadranten in einem Bilde zusammen, wie es die Figur 47 angibt, so können wir uns leicht ableiten, welche Veränderungen mit dem Wetter vor sich gehen, wenn ein Tiefdruckgebiet über unsere Gegend von Westen nach Osten hinwegzieht, wobei der Kern jedoch — wie es fast immer der Fall ist —

nördlich bleiben möge. Wir brauchen uns nur vorzustellen, dass das in Figur 46 gezeichnete Schema allmählich über einen zunächst rechts davon befindlichen Punkt A hinwegzieht, oder, was dasselbe sagen will, dass der Punkt A sich entgegengesetzt der Richtung des Pfeiles nach links bewegt. Um das Folgende besser verständlich zu machen, empfiehlt es sich, ein Schema des Tiefdruckgebietes mit dem charakteristischen Windsystem aus Papier auszuschneiden oder aus Draht herzustellen und langsam in der Richtung von Westen nach Osten vor einer Landkarte vorbei zu bewegen.



Figur 47.
Das Wetter beim Vorübergang eines Tiefdruckgebietes.

So lange der Ort, an dem wir uns befinden (A), noch rechts ausserhalb des Tiefdruckgebietes ist, können wir ruhiges, heiteres und trockenes Wetter annehmen. Sobald wir in den Bereich des Tiefdruckgebietes kommen (B), muss natürlich zunächst der Luftdruck sinken. Ferner sehen wir aus dem Schema, dass zunächst Winde aus südlicher oder südöstlicher Himmelsrichtung auftreten. Falls wir vorher andere Winde gehabt haben, so springt der Wind bisweilen plötzlich nach Süden um und nimmt dabei an Stärke zu.

Nun ist aber auch das Tiefdruckgebiet gleichzeitig der

Ausgangspunkt starker Wolkenbildung, und zwar wissen wir, dass in der Höhe sich jene zarten dünnen Eiskrystallwolken bilden, welche wir als Federwolken (Cirrus) bezeichnen. Diese Wolken befinden sich in der Luftströmung, welche in der Höhe aus dem Tiefdruckgebiete wieder nach aussen gerichtet ist, wie wir S. 124 gesehen haben, und ziehen ihm also voraus. Die ersten Wolken, welche uns das Heranziehen des Tiefdruckgebietes ankündigen, sind also die Federwolken, in denen sich oft Sonnen- und Mondringe bilden. Erst später folgen tiefere Wolken und ganz zuletzt die Regenwolken (Nimbus), aus denen der Niederschlag fällt.

Mittlerweile sind wir aber weiter in das Tiefdruckgebiet eingedrungen und befinden uns etwa am Punkte C. Hier ist die Windrichtung schon rein westlich geworden, und wenn wir uns den Verlauf weiter fortgesetzt denken, so sehen wir, dass die Drehung im gleichen Sinne noch weitergeht und wir schliesslich nordwestliche Winde zu erwarten haben. Die Aufeinanderfolge der Winde ist dann folgende: südöstlich, südlich, südwestlich, westlich, nordwestlich. Der Drehungsinn des Windes ist also der gleiche wie beim Uhrzeiger, wie eine Betrachtung der Windrose sofort erkennen lässt. Dreht sich der Wind in der anderen Richtung herum, nämlich von Südost nach Ost, Nordost, Nord u. s. w., so müssen wir schliessen, dass der Mittelpunkt des Tiefdruckgebietes südlich von uns vorübergezogen ist. Durch die Beobachtungen von Wolken, Windrichtung und Luftdruck können wir also auf die Weiterbewegung des Tiefdruckgebietes schliessen, was von grösster Wichtigkeit für die lokale Wetterprognose ist.

Und noch das Verhalten der Temperatur müssen wir betrachten. Solange wir im Bereich der Südwinde sind, ist es verhältnismässig warm. Auch die Südwest- und Westwinde, welche von dem Ozean stammen, pflegen uns im Winter ebenfalls warme Luft zuzuführen, während sie im Sommer eher abkühlend wirken. Ganz besonders rufen aber die nordwestlichen und nördlichen Winde, welche nach Vor-

übergang des Tiefdruckgebietes, also wenn der Luftdruck schon wieder im Steigen begriffen ist, auftreten, eine Abkühlung hervor, sodass mit dem Vorübergang eines Tiefdruckgebietes zuerst eine Zunahme und später eine Abnahme der Temperatur verbunden ist.

Es ist von Wichtigkeit, die verschiedenen Anzeichen für das Herannahen eines Tiefdruckgebietes aus Westen, falls es nördlich vorüberzieht, in einer Tabelle zusammenzustellen:

7. Anzeichen für das Herannahen eines Tiefdruckgebietes.

1. Luftdruck: Das Barometer beginnt zu fallen;
2. Winde: Es setzen südliche (südöstliche oder südwestliche) Winde ein, welche allmählich an Stärke zunehmen und sich im Sinne des Uhrzeigers drehen;
3. Bewölkung: Aus Westen (Südwesten oder Nordwesten), wo die letzte Wetterkarte allerdings schon die Existenz eines Tiefdruckgebietes angezeigt haben muss, ziehen ziemlich schnell Federwolken heran, die sich allmählich verdichten und in tiefere Wolken übergehen. Später folgen dann Regenwolken;
4. Niederschläge: Die Niederschläge beginnen gewöhnlich mit oder nach dem Hereinbrechen von westlichen Winden;
5. Lufttemperatur: Die Temperatur steigt; besonders im Winter ist dies ein fast untrügliches Merkmal;
6. Weitere Anzeichen: Morgenrot, Wasserziehen der Sonne, auffallend klare Luft, Sonnen- und Mondringe;
7. Anzeichen rein lokaler Natur: Hierunter sind die Anzeichen zu verstehen, welche bei Landwirten, Seeleuten und anderen von der Witterung abhängigen Berufsschichten sich durch langjährige Erfahrung als mehr oder weniger sicher herausgestellt haben, die aber je nach dem Klima und der Lage einer Gegend ganz verschieden sein können („Bauernregeln").

Die letzten beiden Punkte bedürfen noch einiger Zusätze. Zunächst kann man als Tatsache ansehen, dass vor

dem Eintritt von trübem und regnerischem Wetter der Himmel ein eigenartiges Aussehen erhält, das teils auf das Einsetzen vertikaler Bewegung der Luft, welche die dunsthaltigen unteren Luftschichten entfernt (auffallend gute Fernsicht), oder auf Wolken, welche sich in dunsthaltigen höheren Luftschichten bilden (Wasserziehen der Wolken und Morgenrot), oder auf andere wenig untersuchte Vorgänge zurückzuführen ist.

Unter den lokalen Anzeichen sind solche zu verstehen, welche nur in besonderen Gegenden zu beobachten sind, z. B. Wolkenkopf auf Bergen, Nebelschichten in Tälern, eigenartige Winde aus bestimmten Richtungen (aus den sogenannten „Regenlöchern"); ferner denken wir aber auch an Anzeichen aus dem Verhalten von Tieren und dem Wohlbefinden von Menschen. Hierher gehört auch die oft behauptete Abhängigkeit rheumatischer Schmerzen von bevorstehendem Witterungswechsel und anderes mehr. Wenn auch viele dieser Anzeichen von der Wissenschaft noch nicht erklärt werden können, so darf man sich trotzdem nicht vermessen, das Bestehen eines Zusammenhanges zu leugnen mit Rücksicht darauf, dass vielleicht spätere Entdeckungen die Lösung des Rätsels bringen werden. Wenn also objektive Beobachter häufig bemerkt haben, dass dem Eintritt von Witterungswechsel bestimmte Anzeichen vorausgehen, so soll man sich ruhig danach richten. Aus diesem Grunde sind die sogenannten Bauernregeln, so weit sie frei von Aberglauben und religiösen Beimischungen sind, als wertvolle Hilfsmittel der Wetterkunde anzusehen.

8. Das Wesen der Wettervorhersagung.

Wenn wir einmal kurz das in den vorigen Abschnitten Ausgeführte zusammenfassen, so ergeben sich folgende Gesichtspunkte:

1. Wenn an irgend einer Stelle aus irgend einem Grunde Luftdruckunterschiede entstehen, so bilden sich um die Gegend mit tiefem Druck und andererseits um die Gegend mit hohem Druck ganz bestimmte Windsysteme aus, die an den verschiedenen Seiten der

entstehenden Hoch- und Tiefdruckgebiete verhältnismässig gut definierte Witterungseigenschaften zur Folge haben.

2. Wenn wir also die Wetterlage kennen, d. h. wissen, wie unsere Gegend in Bezug auf die benachbarten Hoch- und Tiefdruckgebiete liegt, so können wir daraus mit einiger Sicherheit uns das herrschende Wetter ableiten.
3. Wenn wir nun vorher wissen, wie sich die Hoch- und Tiefdruckgebiete von einem Tage zum anderen weiterbewegen und verändern werden, so können wir das kommende Wetter voraussehen. Darin besteht demnach das Wesen der Wetterprognose.

Die Hauptaufgabe der Wetterkunde ist also, Regeln aufzustellen, nach welchen sich die Weiterbewegung und die Veränderung der Hoch- und Tiefdruckgebiete vorhersagen lässt. Um diese Regeln nun verständlicher zu machen, müssen wir vorher kurz auf die Bedingungen eingehen, welche für das Entstehen und Vergehen der Hoch- und Tiefdruckgebiete massgebend sind.

9. Entstehen der Hoch- und Tiefdruckgebiete.

Schon am Anfang dieses Kapitels haben wir eine Möglichkeit der Entstehung von Luftdruckdifferenzen kennen gelernt, nämlich die in Folge von Temperaturunterschieden benachbarter Luftmassen. Diese Theorie hat zur Voraussetzung, dass die Luft in dem Tiefdruckgebiete wärmer ist als in dem Hochdruckgebiete. Beobachtungen mittels Drachen, Freiballonen und Registrierballonen haben nun gezeigt, dass dies in der Regel — wenigstens über dem europäischen Kontinent — nicht der Fall ist. Im Gegenteil zeigt sich, dass bis zu grossen Höhen hinauf die Luft in Tiefdruckgebieten kälter ist. Damit ist nun allerdings nicht gesagt, dass auch bei der Entstehung der Tiefdruckgebiete, welche meistens auf dem Meere vor sich geht, nicht die Bedingungen der „thermischen Theorie“ vorhanden gewesen sind. Wir können sogar sagen

dass voraussichtlich erst bei der Weiterbewegung auf das Festland die Abkühlung der Luft im Tiefdruckgebiete stattfindet, wodurch sich dann auch die Tatsache erklären lässt, dass die den Kontinent betretenden Tiefdruckgebiete der allmählichen Auflösung geweiht sind.

Nur die schnell vorüberziehenden tiefen Depressionen haben sich als verhältnismässig warm erwiesen, und das spricht ebenfalls für die Annahme, dass die thermischen Bedingungen für die Entstehung von Tiefdruckgebieten westlich vom europäischen Kontinent vorhanden gewesen sind. Im allgemeinen ist die Frage nach der Entstehung der Hoch- und Tiefdruckgebiete eine der schwierigsten der gesamten Meteorologie. Es spielen hier offenbar häufig Vorgänge in den obersten Luftschichten mit, über die wir bisher nur ganz unvollkommen unterrichtet sind. Häufig kann man nicht einmal sagen, ob das Hochdruckgebiet oder das Tiefdruckgebiet das primäre Windsystem ist, jedoch sind in der Regel zunächst die Bedingungen für das Zustandekommen eines Tiefdruckgebietes erfüllt, sodass die in der Nachbarschaft entstehenden Hochdruckgebiete meist eine Folgeerscheinung der in der Höhe abfliessenden Luft sind.

Solche Tiefdruckgebiete, welche eine nahe Verwandtschaft mit Luftwirbeln haben, entstehen nun offenbar häufig allein durch Störungen der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre infolge der ungleichmässigen Verteilung von Wasser und Land. Wie an einer früheren Stelle (Seite 112 ff.) ausgeführt ist, würden in unseren Breiten, wenn die Oberfläche der Erde gleichmässig gestaltet wäre, regelmässige Westwinde wehen, wie es auf der südlichen Halbkugel südlich der grossen Kontinente auch der Fall ist. Auf der nördlichen Halbkugel stören aber grosse Kontinente, und besonders an den westlichen Küsten des europäisch-asiatischen Kontinents die unregelmässig ausgebildete Verteilung von Wasser und Land diese gleichmässig westöstlich gerichtete Luftströmung. Die Reibung der untersten Luftschichten auf der Erdoberfläche erfährt beim Betreten des Kontinents eine er-

hebliche Vermehrung, die Luft kann daher nach dem Kontinent nicht in der gleichen Geschwindigkeit abfliessen, mit welcher sie vom Ozean her zugeführt wird, und die Folge sind Stauungen der Luft und Gegenden mit einem gewissen Defizit von Luft, je nach den geographischen Verhältnissen. Und das ist wohl die einfachste Erklärung für die Beobachtung, dass in gewissen Gegenden immer wieder in gleicher Weise Tiefdruckgebiete oder Hochdruckgebiete entstehen.

Denken wir ferner daran, dass die grossen Kontinente, welche sich im Winter abkühlen, im Sommer stark erwärmen, jahreszeitlich verschiedene Windströmungen, die sogenannten „Monsune", hervorrufen und die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre stark beeinflussen, so haben wir damit die Gründe für die grosse Mannigfaltigkeit der Luftdruckverhältnisse gerade in dem zerklüfteten Europa ausgesprochen.

10. Regeln für die Zugrichtung der Tiefdruckgebiete.

Schon oben wurde erwähnt, dass die primären Windsysteme nicht die Hochdruckgebiete, sondern die Tiefdruckgebiete sind. Sie bilden in der Wetterkunde mit wenigen Ausnahmen das aktuelle Moment und sind für die Veränderung der Wetterlage massgebend. Die Hochdruckgebiete haben gewöhnlich keine ausgesprochene Zugrichtung, sondern folgen meist den Depressionen, ziehen sich zurück, wenn eine neue herankommt, und breiten sich wieder aus, wenn sie abgezogen ist. Wir wollen deshalb davon absehen, für die Hochdruckgebiete Zugregeln aufzustellen.

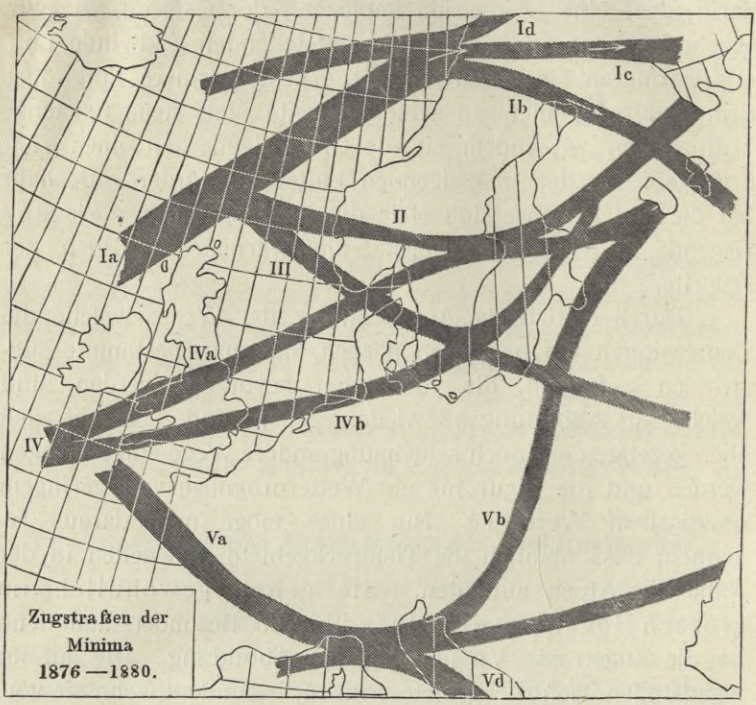
Die Tiefdruckgebiete ziehen grösstenteils von Westen nach Osten, oder genau genommen, in Europa wenigstens, von Westsüdwest nach Ostnordost. Hierfür gibt es zweierlei Gründe: Einesteils wird ein einmal entstandener Luftwirbel, als welchen wir eine Depression einmal auffassen wollen, von der herrschenden Westströmung der Luft in unseren Breiten mitgenommen, ebenso wie ein in einem Bache infolge der hemmenden Wirkung eines Felsens entstandener Wasserwirbel

von der Strömung mitgerissen wird. Die andere Ursache besteht darin, dass eine Depression immer an der Ostseite, wie wir gesehen haben, infolge der dort entstehenden Südwinde Luft aus wärmeren Gegenden ansaugt. Diese wärmere Luft führt dem Tiefdruckgebiete an seiner Ostseite stets neue Existenzbedingungen zu, indem sie die Grundeigenschaft eines Tiefdruckgebietes, den aufsteigenden Luftstrom, fördert. Deshalb hat die ganze Depression stets die Neigung, sich nach der Gegend zu verlagern, welche die wärmste ist, also der Ostseite.

Durch statistische Aufzeichnung der Wege, welche die Depressionen einzuschlagen pflegen, hat man bestimmte Zugstrassen gefunden, die von ihnen bevorzugt werden, und welche auf Abbildung 48 wiedergegeben sind. Es hat sich aber gezeigt, dass auch sehr häufig andere Wege eingeschlagen werden und die Figur für die Wetterprognose von geringem praktischem Werte ist. Nur eines möge man daraus erkennen, dass nämlich die Tiefdruckgebiete sich selten in der Nähe der Alpen aufhalten. Sie gehen gewöhnlich im grossen Bogen um die Alpen herum. Besonders auffallend ist die Zugstrasse Va und Vb der Abbildung. Die auf ihr wandelnden Tiefdruckgebiete bringen, besonders wenn sie vom Mittelmeer nach dem Nordosten durchbrechen, häufig überraschende Wetterumschläge hervor, welche in den östlichen Teilen Deutschlands mit Hochwasserkatastrophen verbunden und im Frühjahr für ganz Zentraleuropa von Kälterückfällen begleitet sind.

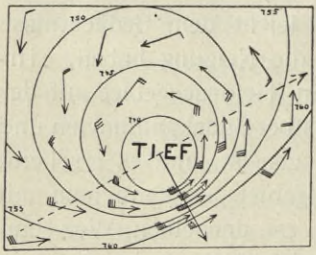
Eine andere Regel prägt sich leicht dem Gedächtnisse ein, dass nämlich Tiefdruckgebiete die Neigung haben, einander zu folgen. Wenn z. B. ein Tiefdruckgebiet auf der Zugstrasse IV, welche sich vom Kanal über Südskandinavien und über Finnland erstreckt, vorübergezogen ist, und es erscheint vor dem Kanal ein neues Tiefdruckgebiet, so kann man mit einiger Sicherheit annehmen, dass es denselben Weg einschlagen wird. Der Grund liegt meistenteils darin, dass ein über Südeuropa liegendes, ausgedehntes Hochdruckgebiet in

(Aus Börnstein „Leitfaden der Wetterkunde“.)



Figur 48. Zugstrassen der Tiefdruckgebiete nach van Bebber.

seinem nördlichen Quadranten eine regelmässige Westströmung zur Folge hat, in welcher die Depression mit fortgerissen wird.



Figur 49. Fortbewegung eines unsymmetrischen Tiefs.

Ist ein Tiefdruckgebiet unsymmetrisch ausgebildet, etwa wie es die Figur 49 anzeigt, so gilt die Regel, dass es senkrecht zu der Richtung weiterzieht, nach welcher der Luftdruck am schnellsten zunimmt. In der Fig. 49 herrscht im südlichen Quadranten des Tiefdruckgebietes

der „stärkste Gradient", wie man zu sagen pflegt. Er ist in der Fig. 49 durch eine ausgezogene Linie angedeutet. Senkrecht zu dieser Linie also und zwar so, dass der stärkste Gradient zur rechten Seite liegen bleibt — also in der Richtung des gestrichelten Pfeiles — pflegt sich das Tiefdruckgebiet weiter zu bewegen. Der Grund liegt darin, dass da, wo der Gradient am stärksten ist, also die Isobaren einander am nächsten liegen, der Wind auch die grösste Stärke besitzt. Die durchschnittliche Richtung des Windes an dieser Stelle ist auch gleichzeitig die Fortschreitungsrichtung der Depression.

Mit der vorhergehenden Regel nahe verwandt ist die, dass die höchste Temperatur stets rechts liegen bleibt. Wie hier nicht näher ausgeführt werden soll, muss nämlich in der Gegend, wo die höchste Temperatur liegt, in grösserer Höhe auch ein stärkerer Gradient entstehen, dessen Wirkungsweise soeben erklärt ist.

Aber nicht nur der absolute Wert der Temperatur, sondern auch ihre Aenderung ist bestimmend für die Weiterbewegung eines Tiefdruckgebietes. Wie schon mehrfach ausgeführt, werden an der Vorderseite des Tiefdruckgebietes warme Luftmassen aus südlichen Regionen angesogen. Dadurch bekommt das Tiefdruckgebiet eine Neigung, sich nach dorthin zu verlagern. Wenn umgekehrt aus irgend einem Grunde irgendwo eine merkliche Zunahme der Temperatur in den letzten 24 Stunden eingetreten ist, so kann man stets eine Neigung der Tiefdruckgebiete feststellen, sich nach dieser Gegend hin zu bewegen. Im praktischen Wetterdienst pflegt man diese Gebiete mit zunehmender Temperatur so aufzusuchen, dass man in eine Wetterkarte nicht die augenblickliche Temperatur einträgt, sondern die Veränderung, die seit gestern eingetreten ist. Verbindet man nun die Orte, an denen eine gleiche Temperaturänderung eingetreten ist, miteinander, so entstehen sogenannte „Isallothermen", d. h. Linien gleicher Temperaturänderung, welche die Gegenden mit steigender und fallender Temperatur schnell erkennen lassen.

Vielfach werden, um die Fortschreitungsrichtung der Tiefdruckgebiete festzustellen, in ähnlicher Weise „Isallobaren" gezeichnet, und zwar, indem man die Luftdruckänderung von 12 zu 12 Stunden berechnet. Trägt man nämlich die Änderung des Luftdruckes innerhalb 12 Stunden, also gewöhnlich vom Morgen zum Abend und vom Abend zum andern Morgen, in die Wetterkarte ein und zieht auch hier wieder die Linien gleicher Luftdruckänderung (Isallobaren), so muss stets da, wohin die Depression sich bewegt, ein Gebiet mit fallendem Luftdruck oder negativer Luftdruckänderung, und da, wo sie hergekommen ist, ein Gebiet mit steigendem Lufdruck oder positiver Luftdruckänderung entstehen. Die Bewegung des Tiefdruckgebietes — so lautet eine einfache Regel — erfolgt dann gewöhnlich parallel der Verbindungslinie zwischen dem Fall- und Steigegebiet des Luftdruckes. Sind keine wesentlichen Luftdruckänderungen eingetreten, so bleibt die Wetterlage dieselbe.

Auch die Niederschlagsverteilung gibt einen Anhalt für die Fortschreitungsrichtung der Tiefdruckgebiete. Man hat nämlich häufig bemerkt, dass die Tiefdruckgebiete sich dorthin bewegen, wohin das Niederschlagsgebiet am weitesten vorgeschoben ist. Die Erklärung hierfür sucht man darin, dass bei der Kondensation des Wasserdampfes zu Regen oder Schnee Wärme frei wird, und dass die Luftsäule dieser Gegend daher wärmer sein muss als die der Nachbarschaft und grössere Neigung zum Aufsteigen besitzen muss.

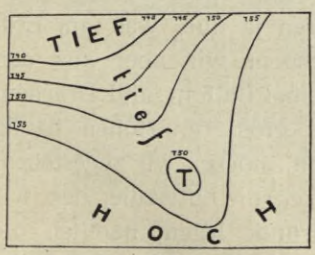
Schwieriger lassen sich die Regeln erklären, welche der französische Meteorologe Guilbert aus der Erfahrung aufgestellt hat. Es sind ihrer hauptsächlich zwei, welche in der Praxis zur Verwendung kommen; nämlich erstens: Da, wo die Winde im Verhältnisse zum Gradienten zu schwach sind, fällt der Luftdruck, während er steigt, wenn die Winde verhältnismässig zu stark sind. Zweitens: Wenn an einer Stelle die Winde nach verschiedenen Richtungen divergieren oder nicht die Richtung

haben, welche dem Verlauf der Isobaren entspricht, also im Gegensatz stehen zu dem oben angeführten barischen Windgesetze, so hat hier der Luftdruck eine Neigung zum Sinken.

Wenn zwei gleichstarke Tiefdruckgebiete nahe beieinanderliegen, so bewegen sie sich umeinander herum und zwar entgegengesetzt der Bewegung des Uhrzeigers. Überwiegt eines von den beiden Tiefdruckgebieten durch seine Intensität, so nimmt das schwächere Tiefdruckgebiet seinen Lauf um das Haupttief herum und zwar so, dass das grössere Tiefdruckgebiet links liegen bleibt.

11. Teiltiefs.

An dieser Stelle müssen wir noch auf eine sehr wichtige Isobarenform eingehen, welche fast stets auf den Wetterkarten anzutreffen ist. Das sind die kleinen sekundären Tiefdruckgebiete, für welche der Name Teiltief eingeführt ist. Wir finden sie entweder bei ganz flacher Luftdruckverteilung, wo sie sich in einer unregelmässigen Form der Isobaren ausprägen. Aber auch gerade am Rande von ausgedehnten tiefen Depressionen bilden sie sich, da wo das Tiefdruckgebiet in das Hochdruckgebiet übergeht und man nicht mehr sagen kann, ob die betreffende Gegend unter der Herrschaft des tiefen oder des hohen Druckes steht. In diesem Falle nennt man sie auch Randtiefs. Gewöhnlich sieht man nur eine schwächere oder stärkere Ausbuchtung der Isobaren an der Stelle, wo sie liegen. Bei stärkerer Ausprägung nehmen sie die Gestalt an, wie sie die Figur 50 zeigt.



Figur 50. Teiltief.

Die Bedeutung der Teiltiefs besteht darin, dass ihr Vorübergang fast stets mit Regen- und Schneeschauern verbunden ist; besonders die Sommergewitter verdanken ihnen ihre Entstehung. Man be-

obachtet häufig, dass in den Randtiefs grössere Niederschläge fallen als im Inneren des Haupttiefs. Bei ihrem Vorübergang treten fasst immer stossweise Winde auf (Böen); man spricht dann von böigem Wetter.

Teiltiefs bewegen sich, sobald ausgeprägte Tief- und Hochdruckgebiete vorhanden sind, so, dass sie zwischen Tief und Hoch hindurchgehen, das Tief zur Linken, das Hoch zur Rechten; man sagt, „sie bewegen sich auf der Isobare".

Die Teiltiefs sind häufig nur schwer auf der Wetterkarte zu erkennen; sie werden mit tief oder einem einfachen T angedeutet. Es ist von grosser Wichtigkeit, auf sie zu achten, da viele Fehlprognosen gerade durch das plötzliche Auftreten von Teiltiefs verursacht werden.

12. Schwierigkeiten der Wetterprognose.

Obgleich wir im Besitze einer ganzen Reihe von physikalisch begründeten Regeln über die Fortbewegung der Hoch- und Tiefdruckgebiete sind, können wir doch nicht sagen, dass wir mit Hilfe dieser Regeln im Stande wären, eine Prognose von absoluter Treffsicherheit aufzustellen. Der Grund liegt einesteils darin, dass uns für die tägliche Prognose nur die Beobachtungen eines beschränkten Gebietes zur Verfügung stehen, während für die Witterungsumschläge schon im Laufe eines Tages Vorgänge und Verhältnisse von Einfluss sind, welche weit ausserhalb dieses Gebietes liegen können.

In der vertikalen Richtung sind unsere Nachrichten noch mehr beschränkt. Wir erfahren ja nur, was am Erdboden selbst vor sich geht. Nachdem wir aber aus den Beobachtungen und Registrierungen bei Ballon- und Drachenaufstiegen gesehen haben, dass in grösseren Höhen häufig wesentlich andere Verhältnisse walten, müssen wir zugestehen, dass der Horizontaldurchschnitt durch die Luftsäule, den wir unserer Wettervorhersagung zu Grunde legen, nämlich die Erdoberfläche, zur Erkenntnis des wirklichen Zustandes der

Atmosphäre möglichst ungünstig ist, jedenfalls aber allein nicht geeignet ist, uns einen klaren Ueberblick zu geben. Erst wenn wir sowohl die Beobachtungen eines grösseren Gebietes, hauptsächlich mittels Funkenspruches vom Atlantischen Ozean, ferner auch aus grösseren Höhen regelmässig und frühzeitig meteorologische Nachrichten bekommen, werden wir in der Lage sein, zunächst weitere Gesetzmässigkeiten für das Verhalten der Hoch- und Tiefdruckgebiete abzuleiten und später dann die gewonnenen Regeln zur Aufstellung sicherer Prognosen zu verwenden.

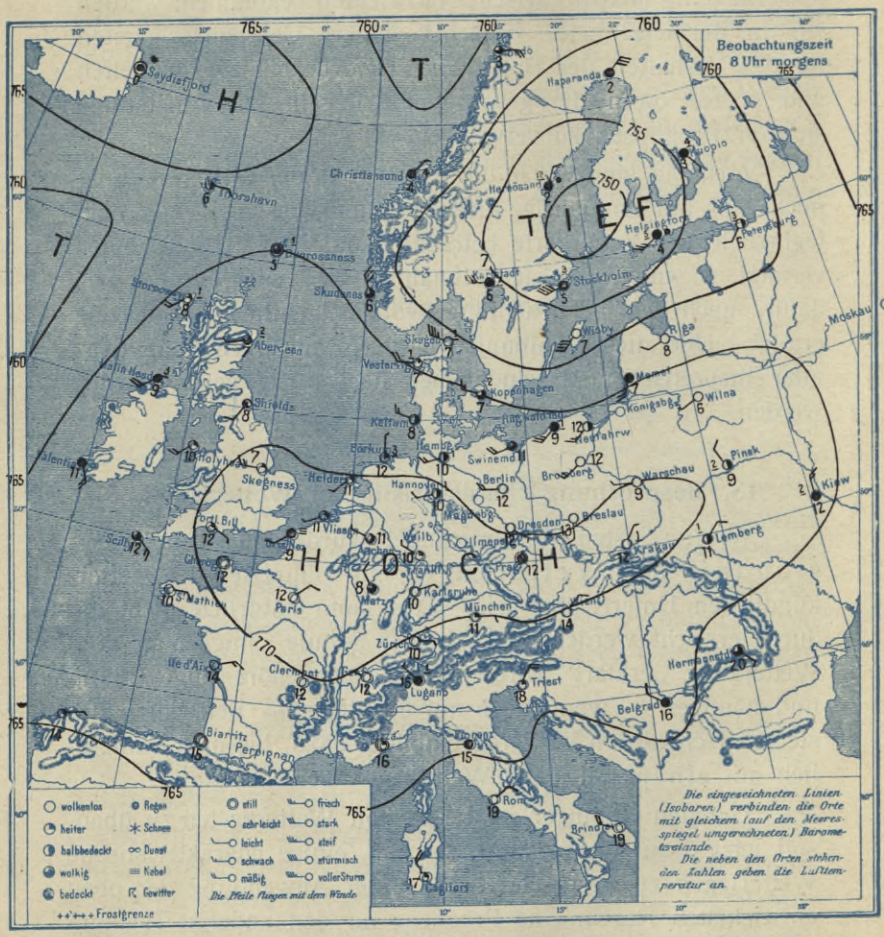
Vorläufig sind wir in der Aufstellung der Wetterprognose noch sehr auf langjährige Erfahrung angewiesen. Wenn man tagtäglich die Wetterkarte betrachtet und ihre Veränderungen verfolgt, so entwickelt sich allmählich ein gewisses Gefühl dafür, nach welcher Richtung wohl jetzt die Veränderung erfolgt. Und dieses halbunbewusste Vorausahnen kann trotz aller theoretischen Regeln immer noch nicht ganz entbehrt werden.

13. Besprechung charakteristischer Wetterlagen.

Wie im ersten Teil begründet wurde, muss das Verständnis der Wetterkarte ein Hauptziel des wetterkundlichen Unterrichtes sein. Das kann natürlich nicht dadurch erreicht werden, dass in der Schule einige Male eine Wetterkarte „erklärt" wird, sondern es gehört lange Übung und häufiges — wenn auch nur flüchtiges — Betrachten des stets verschiedenen Wetterkartenbildes dazu, bis man schliesslich mit einem Blick die Wetterlage übersehen kann.

Um den Anfänger im Lesen von Wetterkarten zu üben, soll jetzt dazu übergegangen werden, einige charakteristische Wetterlagen zu besprechen und unter Anwendung der oben entwickelten Regeln eine Prognose für den anderen Tag aufzustellen. Der Leser möge die Mühe nicht scheuen, einmal aufmerksam die folgenden Ausführungen auf den beigegebenen Wetterkarten zu verfolgen.

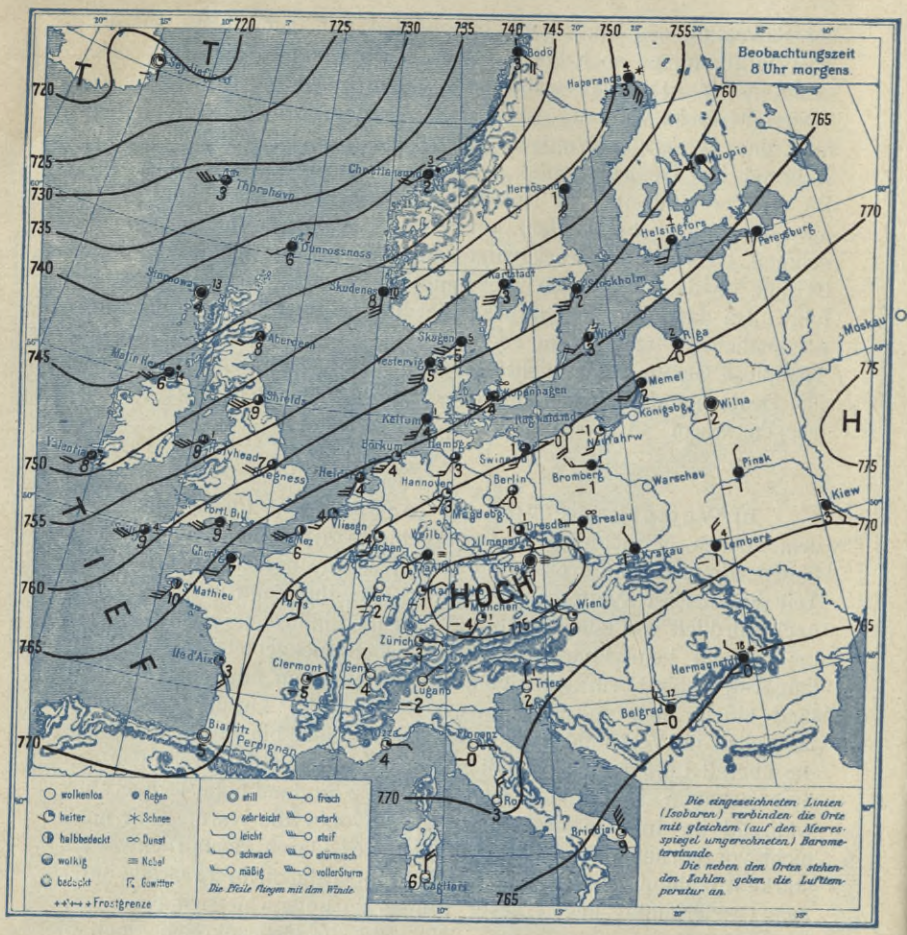
a) Wetterkarte vom 19. Mai 1909. Ein Tiefdruckgebiet liegt über den nördlichen Teilen der Ostsee und erstreckt sein Bereich im Süden bis nach den deutschen Ostseeküsten hin. Ein Hochdruckgebiet bedeckt den europäischen Kontinent. Wir erkennen die Luftzirkulation um das Tiefdruckgebiet sowohl wie um das Hochdruckgebiet herum, im ersteren Falle gegen den Sinn



a) Wetterkarte vom 19. Mai 1909
Hochdruckgebiet und Tiefdruckgebiet im Sommer.

der Bewegung des Uhrzeigers, im zweiten mit demselben. Mit der Theorie stimmt es auch überein, dass (es ist Sommer) das Tiefdruckgebiet kühler ist als das Hochdruckgebiet, im Hochdruckgebiet heiteres Wetter herrscht, während es im Tiefdruckgebiet wolkig ist und Regen fällt; dass ferner die Winde im Hochdruckgebiet nur schwach wehen, während im Tiefdruckgebiet teilweise stürmisches Wetter herrscht. Da auf der Südseite des Tiefdruckgebietes der Gradient und daher auch die Winde bei weitem am stärksten sind, so muss man annehmen, dass das Tiefdruckgebiet nach Osten weiterzieht. Die Frage ist nun, ob das im Westen angedeutete Tiefdruckgebiet schnell nachfolgt. Da das Zentralhochdruckgebiet in kräftiger Entwicklung und nordöstlicher Fortbewegung begriffen ist, so scheint für den nächsten Tag diese Gefahr noch nicht vorzuliegen. Die Prognose lautet also für Deutschland auf sommerliches Hochdruckwetter, also: heiter, trocken, warm.

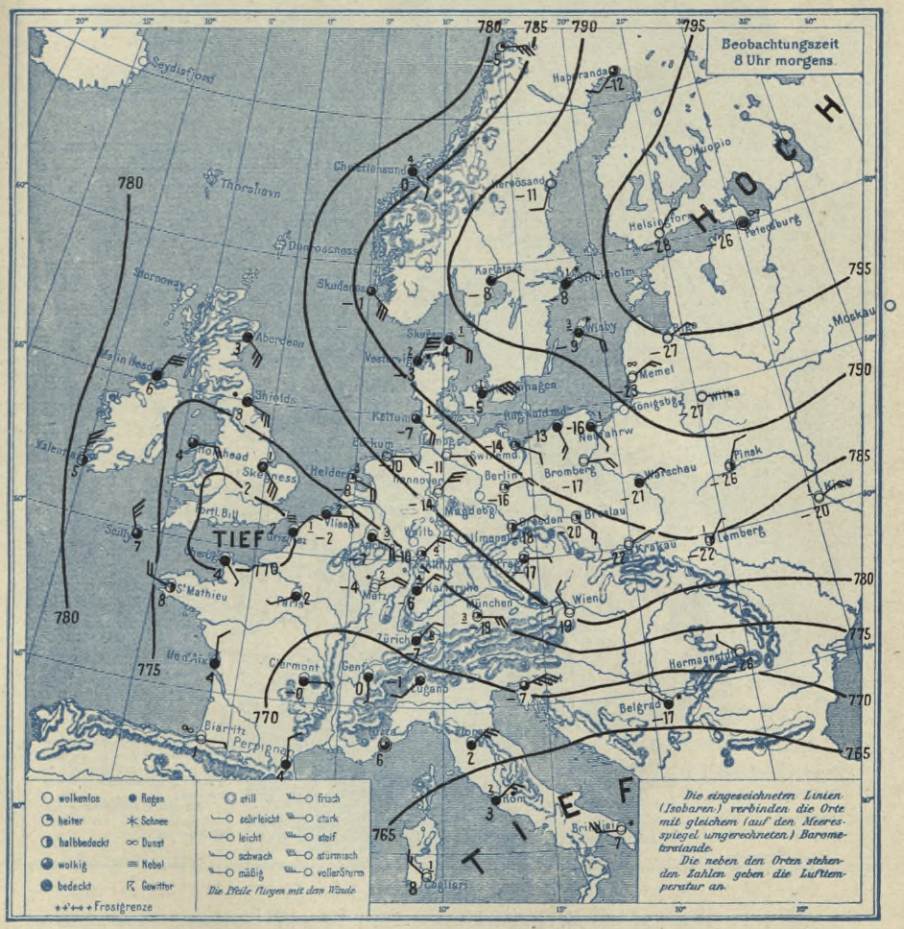
b) Wetterkarte vom 18. Januar 1909. Im Gegensatz zu dem soeben betrachteten Tiefdruckgebiet von geringer Ausdehnung finden wir jetzt eine grosse Depression, welche nur zu einem kleinen Teil auf unserer Wetterkarte sichtbar ist. Ihr Zentrum liegt wohl noch nördlich von Island, während sich ihr Einfluss bis nach Deutschland hinein bemerkbar macht. Ein Hochdruckgebiet zieht sich in langgestreckter Form von Spanien bis nach dem Inneren von Russland hinein über Europa hinweg. Infolge der Luftdruckverteilung herrschen in West- und Nordeuropa südwestliche bis westliche Winde, die überall Luft aus wärmeren südlichen Gegenden und vom Ozean herbeischaffen. Wir finden deshalb in ganz England hohe Temperatur, während im Inneren des Kontinentes, wohin die warme Luft noch nicht vorgedrungen ist, und wo infolge des klaren Hochdruckwetters starke Abkühlung eingetreten ist, die Temperatur mehrere Grade unter dem Gefrierpunkte liegt. Dieser Temperaturunterschied ist besonders in Südfrankreich sehr stark. Während in Ostfrankreich noch 5° Kälte herrscht, steigt die Temperatur an der Küste bis zu 10°. Es ist infolgedessen über der Biskayasee eine deutliche Ausbuchtung der Isobaren eingetreten, welche die Entstehung eines Teiltiefs ankündigt. Von diesem Teiltief, das mit der herrschenden Luftströmung, also den Südwestwinden, mit fortgerissen werden wird, haben wir allmählich in ganz Deutschland einen starken Wetterumschlag mit Erwärmung und Regenfällen zu erwarten. Vorerst jedoch bleibt es infolge der Wirkung des Hochdruckgebietes noch kalt und heiter. Die Prognose für den folgenden Tag lautet deshalb: Zunächst noch kalt und heiter, später Trübung, wärmer, Regen.



b) Wetterkarte vom 18. Januar 1909.
Tiefdruckgebiet im Winter.

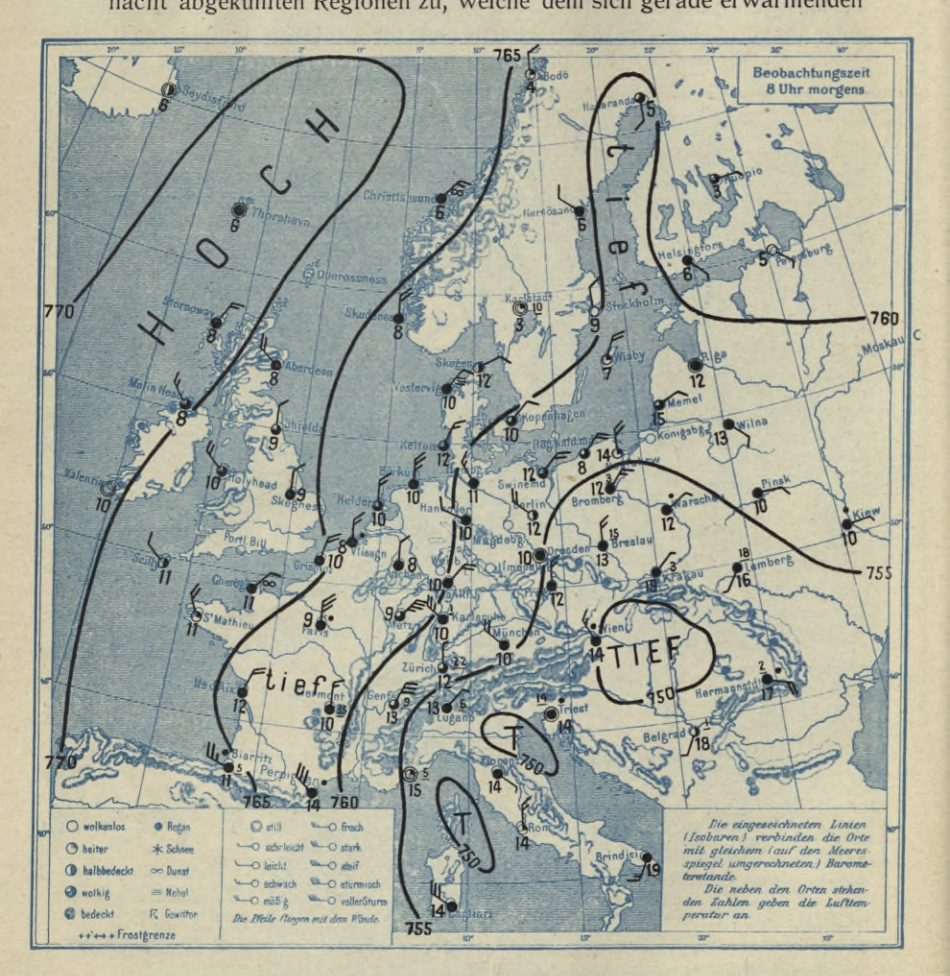
c) Wetterkarte vom 22. Januar 1907. Während die vorhergehende Wetterlage für milde Winter typisch ist, weil infolge der westlichen Lage des Tiefdruckgebietes Luft wärmerer Schichten hereingeschafft wird, ist die folgende Wetterkarte vom 22. Januar 1907 charakteristisch für strenge Frostbildungen. Ein Hochdruckgebiet beherrscht die Wetterlage. Es bedeckt Nordost-Europa, während tiefer Druck über dem Mittelmeer liegt. Infolgedessen herrschen in

Zentraleuropa östliche Winde, welche Luft aus dem Inneren von Russland hereinbringen, wo infolge der starken Ausstrahlung die Temperatur ausserordentlich stark gesunken ist, stellenweise auf —28°. (Ein sekundäres Tiefdruckgebiet, das am Tage vorher in Süddeutschland entstanden war, ist von dieser kräftigen Ostströmung nach Nordwesten hinweggetragen worden und bedeckt den Kanal). Solche Wetterlagen pflegen längere Zeit anzuhalten. Man kann daher mit einer längeren Frostperiode rechnen und die Prognose lautet: Fortdauer des starken Frostes bei trockener und heiterer Witterung.



c) Wetterkarte vom 22. Januar 1907.
Hochdruckgebiet im Winter.

d) Wetterkarte vom 19. Mai 1911. Wir haben oben (auf Seite 133 ff) die charakteristischen Eigenschaften des Rückseitenwetters kennen gelernt. Am deutlichsten ausgeprägt finden wir es im Mai und Juni, wo Deutschland oft eine Reihe von Tagen auf der Westseite (Rückseite) eines Tiefdruckgebietes liegt. Dann führen die nördlichen Winde uns Luft aus den durch die vorhergegangene Polarnacht abgekühlten Regionen zu, welche dem sich gerade erwärmenden



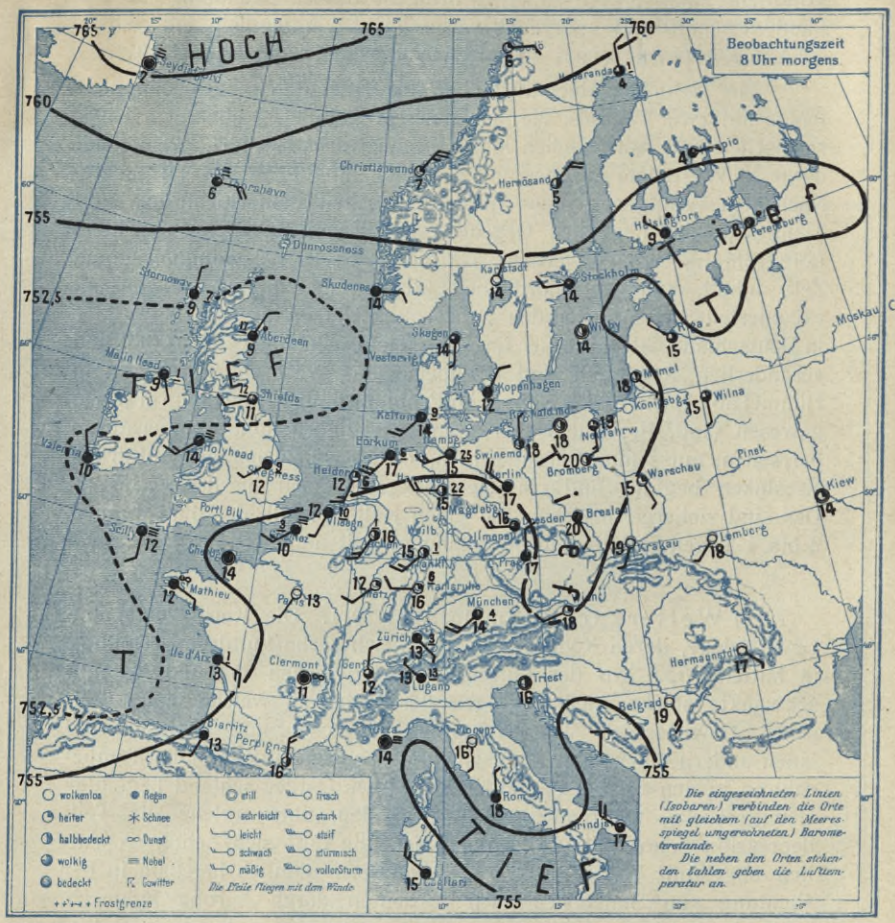
d) Wetterkarte vom 19. Mai 1911.
Kälterückfall.

Kontinent einen Kälterückfall bringen, dessen Bedeutung für die Landwirtschaft und andere Gewerbe leicht verständlich ist. Einen solchen Kälterückfall zeigt die Wetterkarte vom 19. Mai 1911.

Ein Tiefdruckgebiet liegt über Ungarn; es steht im Zusammenhange mit zwei Teiltiefs, die sich nachts regelmässig über dem Thyrrhenischen und Adriatischen Meere bilden. Ein Hochdruckgebiet bedeckt die Westküste Europas und zieht sich hinauf bis zum Nordmeere. Nach dem Windgesetz muss in den zwischen dem Hochdruck- und Tiefdruckgebiet liegenden Gegenden in diesem Falle eine nördliche Luftströmung erzeugt werden. Da die Wetterlage gewöhnlich einige Zeit anhält, kann die nördliche Luftströmung die Temperatur an exponierten Stellen unter den Gefrierpunkt sinken lassen. Das Wetter in Deutschland ist bei dieser Lage des Tiefdruckgebietes also kühl und veränderlich, Regenfälle und Graupelschauer wechseln mit heiterem Himmel ab (Aprilwetter). Sobald im Frühjahr einige Tage abnorm warm gewesen sind, besonders aber, wenn in Ungarn hohe Temperaturen herrschen, muss man darauf achten, ob in Osteuropa der Luftdruck zu sinken beginnt und ein Tiefdruckgebiet sich hierher verlagert. Das sind sichere Anzeichen für einen Kälterückfall, der dann binnen 2 bis 4 Tagen eintritt und stets längere Zeit andauert.

e) Wetterkarte vom 15. Mai 1911. Die Karte zeigt eine Gewitterlage, deren Kennzeichen sind: Schwache Luftdruckverteilung in Mitteleuropa, wo der Luftdruck nur zwischen 752 und 757 mm schwankt; starke Ausbuchtungen der Isobaren, welche einen typischen „Gewittersack" über Westpreussen, Posen und Schlesien und einen andern über dem Finnischen Meerbusen bilden; hohe Temperaturen in den Gegenden östlich des über Ostdeutschland liegenden Gewittersacks, während in den Gegenden, über welche die Teildepression schon hinweggegangen ist, die Luft sich schon wesentlich abgekühlt hat. Die Teiltiefs wandern nämlich langsam in der Richtung von Südwesten nach Nordosten durch Europa hindurch, und schon sieht man über dem Biskayameerbusen ein neues Teiltief in Bildung begriffen. Überall da, wo diese Teiltiefs — mit ihren Temperatur- und ihren Windunterschieden auf ihrer Vorder- und Rückseite — liegen, werden trotz der gar nicht übermässig hohen Temperaturen lokale Gewitter erzeugt.

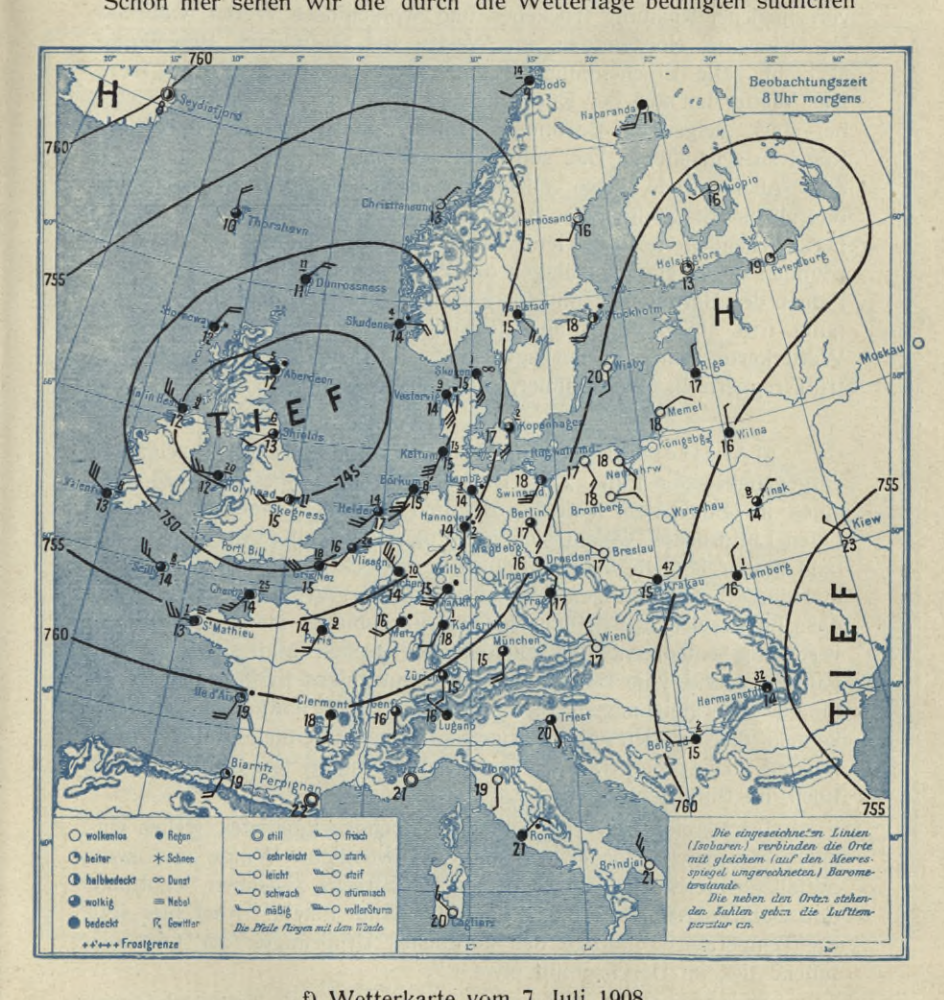
Am Tage vorher haben in ganz Westdeutschland Gewitter stattgefunden. Am 15. Mai brachen sie auch in Ostdeutschland aus. — Die unregelmässige Gestaltung der 755-Isobare sticht lebhaft von dem gewöhnlichen Wetterkartenbilde ab und prägt sich dem Gedächtnis als Gewitteranzeichen leicht ein.



e) Wetterkarte vom 15. Mai 1911.
Gewittersack.

f) Wetterkarte vom 7. Juli 1908. Bei der Betrachtung der folgenden Wetterkarte vom 7. Juli 1908 wollen wir einmal die Gegend in Schlesien und Polen besonders ins Auge fassen. Östlich von diesen Gegenden liegt ein Tiefdruckgebiet, dessen Kern über dem Schwarzen Meere liegt, und das noch am Tage vorher Regen gebracht hat. Hier sehen wir, dass starke Niederschläge in Krakau und Hermannstadt gefallen sind, schwache in Pinsk, Lemberg und

Belgrad. An den genannten Orten herrscht auch noch überall bei nordwestlichen Winden wolkiges Wetter, sie liegen also im Bereich des abgezogenen Tiefs. Westlich von der betrachteten Gegend hingegen sehen wir ein ausgedehntes Tiefdruckgebiet mit dem Kern über der Nordsee, welches von Westen schnell herangekommen ist und schon bis nach Sachsen hinein seine Wirksamkeit erstreckt. Schon hier sehen wir die durch die Wetterlage bedingten südlichen



f) Wetterkarte vom 7. Juli 1908.
Hochdruckrücken.

Winde bei wolkigem Wetter, wenn auch vorläufig noch ohne Niederschläge.

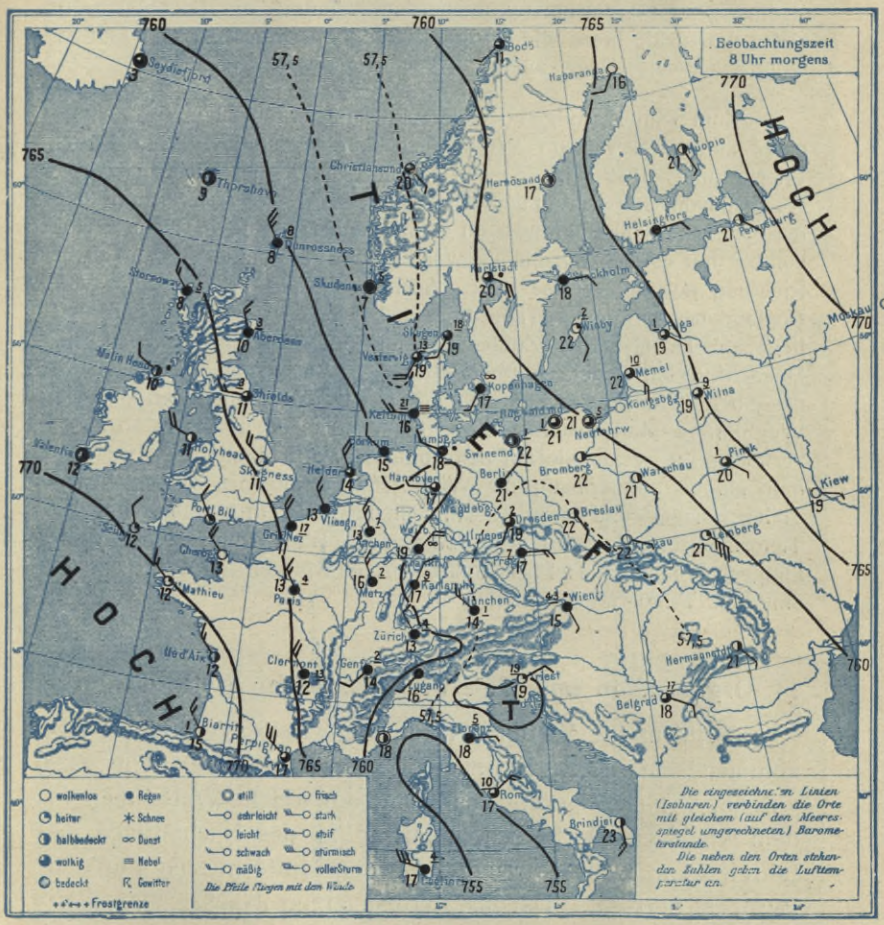
Zwischen diesen beiden Tiefdruckgebieten hat sich nun ein langer schmaler Streifen hohen Druckes gebildet, welcher von Wien über Breslau, Bromberg, Memel bis nach Petersburg und weiter reicht. In diesem ganzen Gebiete herrscht bei schwachen Winden verschiedener Richtung trockenes und wolkenloses Wetter, während im Osten bei Nordwinden, im Westen bei Südwinden Bewölkung herrscht. Die Erscheinung ist typisch für Hochdruckrücken. Das Wetter hat auf der Rückseite des abgezogenen östlichen Tiefes bei stark steigendem Barometer schneller aufgeklärt, als es in der Regel zu sein pflegt. Das sonst übliche böige Rückseitenwetter blieb aus. Aber gerade diese allzustarke Änderung zum Besseren und das allzustarke Steigen des Barometers sind Anzeichen für ein schnell heranziehendes neues Tiefdruckgebiet, das schon nach wenigen Stunden durch ein Umschlagen des Windes nach Süden hin, erneutes Fallen des Barometers und heranziehende Federwolken in Erscheinung tritt. In diesem Falle liess sich der Umschlag mit Hilfe der Wetterkarte sicher voraussagen, und die Prognose musste lauten: trüb, regnerisch, etwas kühler, südwestliche Winde.

g) Wetterkarte vom 14. Juni 1910. Dieser Tag zeigt den entgegengesetzten Fall. Zwei Hochdruckgebiete, eines im Nordosten, eines im Südwesten von Europa und zwischen ihnen eine Rinne tiefen Luftdruckes, welche sich vom Polarmeere mitten durch Deutschland hindurch nach dem Mittelmeere erstreckt. Betrachten wir einmal die Windströmungen im Osten und im Westen, so finden wir, dass im Bereich des östlichen Hochdruckgebietes die der Luftdruckverteilung entsprechenden Südostwinde wehen und zwar auf der ganzen Strecke vom Balkan durch Ostdeutschland bis nach Norwegen hinauf. Die gleichmässigen, südöstlichen Windrichtungen lassen erkennen, dass es sich um eine ausgesprochen einheitliche Luftströmung handelt. Die Temperatur dieser Luftströmung ist bemerkenswert hoch, im Durchschnitt etwa 22°.

Im Bereich des südwestlichen Hochdruckgebietes wehen entsprechend der Luftdruckverteilung nordwestliche Winde und zwar auffallend gleichmässig auf der ganzen Strecke zwischen Schottland und Südfrankreich bis nach Süddeutschland hinein. Aber hier sind die Temperaturen infolge des nördlichen Ursprunges der Luft auffallend tief, im Durchschnitt etwa 12°.

Diese beiden Luftströmungen, welche genau entgegengesetzte Luftrichtung haben und deren Temperatur um 10° differiert, treffen

sich in einem schmalen Streifen, welcher mit der vorher bezeichneten Tiefdruckrinne zusammenfällt. An dieser Reibungsfläche der beiden Windströmungen, welche offenbar gleiche Energie haben und sich gegenseitig nicht verdrängen können, muss nun der Gegensatz von Temperatur und Richtung Wetterkatastrophen zur Folge haben. Die warme feuchte Luft wird zu schnellem Aufsteigen gezwungen, wobei



g) Wetterkarte vom 14. Juni 1910.
Tiefdruckfurche.

das Wasser in grossen Mengen kondensiert und in Form von Wolkenbrüchen herunterfällt. Solche Wolkenbrüche, welche Überschwemmungen zur Folge hatten, sind an diesem Tage auch auf der ganzen Linie beobachtet worden, im Ahrthal sowohl wie in Tirol, Steiermark und dem Balkan. Wir ziehen daraus den Schluss, dass bei Bildung solcher Tiefdruckfurchen atmosphärische Störungen aller Art zu erwarten sind, je nach der Verschiedenheit der sie hervorrufenden Luftströmungen. Da die nordwestliche Luftströmung nur langsam nach Osten vorrückt, hiess die Prognose für den anderen Tag: kühler, wolkig, zeitweise Regenschauer, frische Nordwestwinde.

Zum Schlusse möge noch eine „kinematographische" Vorführung einer kleinen Serie von Wetterkarten folgen, nämlich vom 6. bis 14. November 1910 (Fig. 51). Wir sehen am 6. ein Tiefdruckgebiet westlich von Grossbritannien angedeutet, am 7. lagert es schon über der Ostküste von England, am 8. über Südskandinavien; am 9. November hat es sich nördlich gewandt und verschwindet allmählich in Richtung auf das Weisse Meer. Aber schon am 10. folgt ihm von England her ein neues Tief. Es schlägt eine südlichere Bahn ein, liegt am 11. über der Zuider See und am 12. über Westpreussen. Danach verschwindet es über Russland. Am 13. aber erscheint an derselben Stelle der Landkarte ein drittes Tief, das ziemlich den gleichen Weg nimmt. Man beachte besonders, wie sich die Tiefs um so mehr verflachen, je weiter sie auf den Kontinent vordringen; dann verfolge man einmal aufmerksam die Winddrehungen in den verschiedenen Teilen Europas und ihren Zusammenhang mit dem Vorübergang der Tiefdruckgebiete. Interessant sind auch die Temperaturschwankungen: Sobald ein Tief herannaht, wird es wärmer, auf der Rückseite sinkt die Temperatur schnell.

14. Organisation und Ziele des Öffentlichen Wetterdienstes.

Seitdem die Wetterkarte eine so weite Verbreitung bekommen hat, herrscht auch grosses Interesse dafür, zu wissen, wie sie eigentlich entsteht, auf welche Weise man in dem kleinsten Dorfe schon im Laufe des Nachmittags erfahren kann, welches Wetter in den entferntesten Punkten Europas herrscht. Darum werden einige Nachrichten über den Öffentlichen Wetterdienst willkommen sein.

Die verschiedenen meteorologischen Stationen, welche auf der Wetterkarte eingetragen sind, senden ihre Be-

obachtungen an das Zentralinstitut ihres Landes, die französischen Stationen also nach Paris, die dänischen nach Kopenhagen u. s. w. Die Sammelstelle für Deutschland ist die Deutsche Seewarte in Hamburg. — Diese Zentralen

Figur 51. Zug der Tiefdruckgebiete vom 6. bis 14. November 1910.

tauschen ihre Beobachtungen untereinander aus, sodass in Hamburg die Beobachtungen von Paris, Kopenhagen, Zürich u. s. w. zusammenlaufen. Die Deutsche Seewarte, oder vielmehr das Telegraphenamt in Hamburg, übernimmt dann die Verbreitung der Wetternachrichten in ganz Deutschland an jeden, der bei seiner Postanstalt darauf abonniert. Schon um $9^1/_4$ Uhr morgens geht von Hamburg das erste Wettertelegramm (Abonnement-Wettertelegramm) ab. Ihm folgt um $9^3/_4$ Uhr das „Abonnement-Extratelegramm". Die Gebühren für diese beiden Nachrichten betragen monatlich 30 Mk.

Die Beobachtungen jeder Station werden in drei Gruppen zu je fünf Zahlen untergebracht, deren Bedeutung aus folgendem Schlüssel hervorgeht:

BBBWW SHTTA RB'B'VN.

BBB bedeutet den Luftdruck in Zehntelmillimetern unter Weglassung der selbstverständlichen 700. Also 657 bedeutet 765.7 mm.

WW ist die Windrichtung, nämlich 02 NNO, 04 NO, 06 ONO, 08 O, 10 OSO, 12 SO, 14 SSO, 16 S, 18 SSW, 20 SW, 22 WSW, 24 W, 26 WNW, 28 NW, 30 NNW, 32 N. — Wenn jedoch der Luftdruck im Fallen begriffen ist, wird jede Ziffer um 50 erhöht, so dass 52 NNO, 54 NO u. s. w. bedeutet. Bei Windstille wird 00 oder 50 geschrieben.

S gibt die Windstärke nach der Beaufortskala an (siehe Teil II S. 57).

H bedeutet „Himmelszustand": 0 wolkenlos, 1 heiter, 2 halbbedeckt, 3 wolkig, 4 bedeckt, 5 Regen, 6 Schnee, 7 Dunst, 8 Nebel, 9 Gewitter.

TT Temperatur in Celsiusgraden.

A bedeutet die „barometrische Tendenz", d. h. die Anzahl Millimeter, um welche der Luftdruck in den letzten drei Stunden vor der Beobachtung gestiegen oder gefallen ist. Ist er gefallen, so wird das dadurch zum Ausdruck gebracht, dass die Ziffern für die Windrichtung WW um 50 erhöht werden.

R gibt die Regenmenge der letzten 24 Stunden nach Stufen wieder und zwar bedeutet:

Stufe 0	kein Regen	Stufe 5	13 bis 20 mm
„ 1	0,1 bis 0,4 mm	„ 6	21 „ 31 „
„ 2	1 „ 2 „	„ 8	45 „ 59 „
„ 3	3 „ 6 „	„ 7	32 „ 44 „
„ 4	7 „ 12 „	„ 9	nicht gemeldet.

B'B' gibt den Luftdruck vom Abend des vorhergehenden Tages in ganzen Millimetern an mit Weglassung der 700.

V bedeutet den Witterungsverlauf am gestrigen Tag nach folgendem Schema:

0 meist heiter	5 nachmittags Niederschag
1 ziemlich heiter	6 nachts Niederschlag
2 meist bewölkt	7 Gewitter
3 Wetterleuchten	8 Niederschläge in Schauern
4 vormittags Niederschlag	9 anhaltend Niederschläge.

N ist die laufende Nummer der Station, um Verwechselungen zu vermeiden.

Die Anzahl der in den beiden Vormittagstelegrammen enthaltenen Stationen ist 79. —

Auf Grund der um 2 Uhr nachmittags erfolgenden Beobachtungen wird noch ein Nachmittagstelegramm zum Preise von 10 Mark monatlich ausgegeben, welches nur 30 Stationen enthält, aber für Nachtprognosen sehr nützlich ist. Der Schlüssel lautet:

BBBWW SHTTV',

wobei nur V', der Verlauf des Wetters von der Morgen- bis zur Nachmittagsbeobachtung noch zu erklären ist; das Schema ist folgendes:

0 meist heiter	5 ein stärkerer Regen (allein oder mit etwas Schnee oder Graupeln)
1 ziemlich heiter	6 ein stärkerer Schneefall (allein oder mit etwas Regen oder Graupeln)
2 meist bewölkt	7 Gewitter
3 Wetterleuchten	8 Niederschläge in Schauern
4 geringe Niederschläge	9 anhaltend Niederschläge.

Dabei muss bemerkt werden, dass dieser Schlüssel seit Mai 1911 gilt und bisweilen Änderungen erfährt. Natürlich bekommt man beim Abonnement auf diese Hamburger Wettertelegramme die Chiffrierungsanweisungen von der Post geliefert.

Diese Wettertelegramme kommen $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde nach Abgang von Hamburg an den verschiedenen Wetterdienststellen und meteorologischen Zentralinstituten des Reiches an.

Deutschland ist in 15 Wetterdienstbezirke eingeteilt. Preussen und die nord- und mitteldeutschen Staaten haben sich zu einem Norddeutschen Wetterdienst vereinigt und das Gebiet ohne Rücksicht auf politische Grenzen in 10 Hauptwetterdienststellen eingeteilt, nämlich: Königsberg, Bromberg, Breslau, Berlin, Magdeburg, Ilmenau, Hamburg, Aachen, Weilburg und Frankfurt a. M. (s. Fig. 52).

Nicht zu verwechseln mit dem Norddeutschen Wetterdienst ist das viel ältere Kgl. Preuss. Meteorologische Institut in Berlin. 1910 umfasste es 8 Stationen 1. Ordnung (mit Registrierinstrumenten), 134 Stationen 2. Ordnung (dreimal tägliche Beobachtungen sämtlicher meteorologischer Elemente), 55 Stationen 3. Ordnung (ohne Luftdruck und Feuchtigkeit), 2637 Regen-Stationen (nur Niederschläge und Bewölkung). Das eingehende Beobachtungsmaterial wird hauptsächlich zu wissenschaftlich-meteorologischen und klimatologischen Untersuchungen verwandt. Viele Stationen dienen aber gleichzeitig dem Öffentlichen Wetterdienst.

Die grösseren deutschen Staaten Sachsen, Bayern, Württemberg und Baden, sowie das Reichsland Elsass-Lothringen haben ihre eigenen Wetterdienstorganisationen:

Sachsen: Die Königlich Sächsische Landeswetterwarte in Dresden.

Bayern: Die Königlich Bayerische Meteorologische Zentralstation in München.

Württemberg: Die Königlich Württembergische Meteorologische Zentralstation in Stuttgart.

Baden: Das Grossherzoglich Badische Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie in Karlsruhe.

Elsass-Lothringen: Die Meteorologische Landesanstalt von Elsass-Lothringen in Strassburg i. E.

Ausser den Wettertelegrammen der Deutschen Seewarte bekommen diese Wetterdienststellen noch telegraphische oder telephonische Nachrichten aus ihrem Dienstbezirk über den Verlauf des vorhergehenden Tages und des betreffenden Morgens. Ferner gehen von Ärologischen Stationen Nachrichten über die meteorologischen Verhältnisse in höheren Luftschichten ein, welche am frühen Vormittag durch Ballon- und Drachenaufstiege ermittelt sind. Dieses reichhaltige Material wird nun in Karten und Formularen übersichtlich zusammengetragen. Ausser der Wetterkarte, welche für das Publikum vervielfältigt wird, wird noch eine grosse Reihe von Hilfskarten gezeichnet, aus denen die Veränderung des Luftdrucks, der Temperatur und der sonstige Witterungsverlauf ersichtlich ist. Daraufhin wird dann gewöhnlich schon um $10^1/_2$ Uhr, spätestens um 11 Uhr, die telegraphische Prognose für den betreffenden Bezirk abgegeben, welche schon bis 12 Uhr an sämtlichen Postanstalten angeschlagen wird, leider bisher nur im Sommer.

Figur 52. Die Bezirke des Norddeutschen Wetterdienstes 1911.

Früher glaubte man, dass es möglich sei, schon von einem einzigen Orte aus die Prognose für ganz Deutschland aufstellen zu können. Es hat sich jedoch unzweifelhaft ergeben, dass die Prognosen an Sicherheit gewinnen, je kleiner die Bezirke sind, für welche sie aufgestellt werden. Deshalb wird nicht etwa für den ganzen Dienstbezirk die gleiche Prognose gemacht, sondern dieser ist wieder in Unterbezirke zerlegt, je nach den geographischen Verhältnissen.

Aber selbst diese Spezialisierung der Prognose entspricht noch nicht den Bedürfnissen. Häufig weisen nahe beieinander liegende Orte Verschiedenheit der Witterung auf, welche eine Folge der Lage der Orte zu benachbarten Gebirgen, Flüssen u. s. w. ist. Ein aufmerksamer Beobachter mit wetterkundlichen Kenntnissen kennt die Lokaleigenheiten seines Wohnortes und kann sie leicht auf Grund der allgemeinen Wetterlage, welche er aus der Wetterkarte und der Prognose erfährt, in Rechnung ziehen, während die amtlichen Stellen natürlich vollkommen ausser Stande sind, weitere Unterschiede in der Prognose zu machen. Das ist aber einer der Gründe, weswegen dem Publikum mit der telegraphischen Prognose allein nicht gedient ist, sondern unbedingt auf Verbreitung der Wetterkarte gedrungen werden muss.

Diese Wetterkarte wird zunächst auf Wachspapier mit einem Griffel gezeichnet und dann auf kleinen Druckmaschinen auf die blau vorgedruckten Formulare abgedruckt. Stellenweise werden schon vor 11 Uhr, je nach Abgang der Postzüge, die Wetterkarten in das Land geschickt. Das Hauptaugenmerk der Dienststellen ist darauf gerichtet, dass die Wetterkarten noch am selben Tage in die Hände der Abonnenten gelangen. Die Wetterkarte kann bei allen Postanstalten gegen eine Gebühr von monatlich 50 Pfg. abonniert werden. Man erkundige sich aber auf der Postanstalt, zu welcher Wetterdienststelle der betreffende Ort gehört. Es sei noch darauf hingewiesen, dass man auch auf die telegraphische Prognose für monatlich 2 Mk. abonnieren kann, und dass man sich gegen eine Gebühr von 10 Pfg. im einzelnen Falle

die telegraphische Prognose vom Telegraphenamt telephonisch geben lassen kann.

Der Öffentliche Wetterdienst brachte zunächst eine grosse Enttäuschung, weil im grossen Publikum die Ansicht verbreitet war, dass seine Prognosen unfehlbar richtig sein müssen. Erst allmählich setzt sich die richtige Einschätzung seines Wertes durch. Der beste Beweis für seine Nützlichkeit ist die Tatsache, dass sich die Landwirte (auch diejenigen, welche Neuerungen nur sehr schwer zugänglich sind) in jährlich steigendem Masse nach seinen Prognosen richten, ja in manchen Orten wird sogar von den Lokalbehörden eine Art Alarmdienst eingerichtet, indem zur Erntezeit von angekündigten Wetterumschlägen der Bevölkerung sofort Mitteilung gemacht wird. Diese Bedeutung hat der Öffentliche Wetterdienst in verhältnismässig kurzer Zeit, nämlich seit dem Jahre 1905 gewonnen, und es kann heute wohl niemand mehr daran denken, ihn wieder fallen zu lassen.

Wünschenswert wäre nun noch, dass die Prognosen, welche schon in den letzten Jahren unzweifelhaft durch Fortschritte der Organisation und der Wissenschaft an Sicherheit gewonnen haben, in Zukunft noch sicherer werden. Das wird aber nur langsam gehen. Der Hauptgrund ist, dass die Wetterprognose für den anderen Tag schon am vorhergehenden Tage vormittags zwischen 10 und 11 Uhr aufgestellt werden muss. Der Wetterdienstleiter ist also gezwungen, seine Prognose für den folgenden Tag zu machen, ehe er weiss, welche Witterungsänderungen derselbe Tag bringt. Wenn jedoch nun im Publikum ein gewisses Mass von wetterkundlichen Kenntnissen vorhanden ist und die Wetterkarte überall gehalten wird, dann kann sich jeder Interessent am Abend seine Prognose für den folgenden Tag mit grösserer Sicherheit aufstellen, als es der amtliche Meteorologe vermag. Wenn z. B. in der Prognose vorausgesetzt ist, dass ein im Westen lagerndes Tiefdruckgebiet nördlich abzieht, ohne unsere Gegend zu berühren, und wenn man dann trotzdem im

Laufe des Tages alle Anzeichen für das Herannahen eines Tiefs, wie sie oben angegeben sind, beobachtet, so kann man am Abend schon wissen, dass für den anderen Tag eine Fehlprognose unterlaufen ist und kann seine Dispositionen danach einrichten. Schätzungsweise würden die Prognosen, wenn sie erst am Abend abgegeben würden, um etwa 10% sicherer ausfallen können als bisher. Der Abonnent einer Wetterkarte also, welcher über einige meteorologische Kenntnisse verfügt, im Besitze eines Barometers ist und in der Nähe einer Windfahne wohnt, wird demnach bedeutende Vorteile vor der übrigen Menschheit haben, die sich nur auf die telegraphische Mittagsprognose verlässt.

Und hierin liegt die Zukunft der Wetterkunde. Professor Richard Börnstein hat das Wort ausgesprochen, dass jeder sein eigener Wetterprophet werden müsse. Das ist so gemeint, dass jeder, der vom Wetter abhängt, die Wetterkarte hält, und auf der Grundlage des darin abgegebenen Gutachtens eines Sachverständigen, unter Berücksichtigung der von ihm selbst am Barometer und den Wolken beobachteten, im Laufe des Tages eingetretenen Wettererscheinungen und der Erfahrungen über die lokalen Eigentümlichkeiten seiner Gegend sich am Abend seine Prognose für den anderen Tag aufstellt.

Die Vorbedingung dazu ist aber, dass man von Kindheit an zur Beobachtung meteorologischer Erscheinungen erzogen wird, dass die Grundregeln der Wetterkunde schon in der Schule gelehrt werden und die allgemeine Teilnahmlosigkeit der Bevölkerung den Witterungserscheinungen gegenüber einem immer wachsenden Verständnis Platz macht. Wenn man sich daran gewöhnt, alle Tage einen kurzen Blick auf die Wetterkarte zu tun — ohne darauf erhebliche Zeit zu verwenden — und täglich mehrere Male den Himmel, die Windfahne und das Barometer betrachtet, so wird der hier gewünschte Idealzustand bald erreicht werden können. — Es ist ja nicht nötig, dass es ein jeder so weit bringt. Aber wenn in jedem Dorfe und in jedem Orte eine Anzahl von

Wetterkundigen lebt, so können diese leicht ihren Nachbaren gute Ratschläge erteilen.

Die Vorteile, welche durch eine derartige wetterkundliche Belehrung des ganzen Volkes erreicht würden, liegen auf der Hand. Wir wollen ganz absehen von dem kulturellen Fortschritte, der darin liegt, dass man nicht, wie bisher, die Abhängigkeit von der Witterung als ein unabwendbares Geschick empfindet. — Durch verhältnismässig sicheres Vorauswissen hat man die Wankelmütigkeit der Witterung schon zum grössten Teile überwunden; denn dadurch, dass man sich in seinen Entschlüssen auf die kommende Witterung einrichten kann, wird man die Vorteile eines jeden Witterungscharakters benutzen und die Nachteile vermeiden können. Die Abhängigkeit des Menschen vom Wetter wird damit beträchtlich verringert.

Der Hauptwert liegt natürlich auf rein praktischem Gebiete. Durch eine richtig aufgestellte, schnell verbreitete und verständnisvoll benutzte Prognose können in günstigen Fällen für den Einzelnen Werte von oft bedeutender Höhe gewonnen werden oder erhalten bleiben. Summiert man diese Zahl aber über das ganze deutsche Land, so geht das Resultat leicht in die Millionen, die also an einem Tage durch organisatorische Einrichtungen an Nationalvermögen gewonnen werden. Die Gesamtunkosten, welche durch den Wetterdienst entstehen, werden mit Sicherheit um das vielfache an einem Tage wieder eingebracht.

Und wenn Deutschland in dieser wichtigen Frage der Organisation des Wetterdienstes voranschreitet, so erwachsen uns neben den kulturellen und wirtschaftlichen auch nationale Vorteile: Der Wohlstand des Volkes würde erhöht, seine Kaufkräftigkeit gestärkt, es würde eher geneigt und in der Lage sein, sich im internationalen Wettbewerb der Völker durchzusetzen.

Tabelle I.

Reduktion der Quecksilberhöhe eines Barometers auf 0°.

Temperatur °C	Barometerstand										
	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800 mm
0°	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 mm
1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
5	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7
6	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8
7	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9
8	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0
9	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2
10	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1 1	1.1	1.2	1.3
11	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
12	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
13	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
14	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
15	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0
16	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1
17	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2
18	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3
19	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5
20	1.0	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	2.4	2.6
21	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.7
22	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9
23	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
24	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2 9	3.1
25	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3
26	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.4
27	1.3	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	3.5
28	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6
29	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8
30	1.5	1.7	1.9	2.2	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.9

Die ermittelten Korrektionen sind bei Temperaturen über 0° vom Barometerstand abzuziehen, bei Temperaturen unter 0° hinzuzuzählen.

Tabelle II.

Barometrische Höhenstufen für 1 Millimeter.

(Höhenunterschiede, welche 1 Millimeter Druckunterschied entsprechen.)

Zur Reduktion eines Barometerstandes auf das Meeresniveau ist die betreffende Meereshöhe durch die aus der Tabelle gefundene Zahl zu dividieren und der erhaltene Quotient zum Barometerstand hinzuzufügen.

(Greve's Logarithmentafel, Leipzig, Velhagen und Klasing.)

Temp.	700	710	720	730	740	750	760	770	780 mm
+ 30°	12.79	12.61	12.43	12.25	12.10	11.94	11.78	11.63	11.48
+ 28	12.70	12.52	12.35	12.17	12.01	11.85	11.70	11.55	11.40
+ 26	12.61	12.43	12.26	12.08	11.93	11.77	11.61	11.46	11.31
+ 24	12.51	12.34	12 17	11.99	11.84	11.68	11.53	11.38	11.23
+ 22	12.42	12.25	12.08	11.90	11.75	11.60	11.44	11 29	11.14
+ 20	12.33	12.16	11.99	11.82	11.67	11.51	11.36	11.21	11.06
+ 18	12.24	12.07	11.90	11.73	11.58	11.43	11.27	11.12	10.97
+ 16	12.15	11.98	11.81	11.64	11.49	11.34	11.19	11.04	10.89
+ 14	12.06	11.89	11.72	11.55	11.41	11.25	11.11	10.96	10.82
+ 12	11.97	11.80	11.63	11.47	11.32	11.17	11.02	10.88	10.74
+ 10	11.87	11.71	11.55	11.38	11.23	11.08	10.94	10.80	10.66
+ 8	11.78	11.62	11.46	11.29	11.15	11.00	10.85	10.71	10.57
+ 6	11.69	11.53	11.37	11.20	11.06	10.91	10.77	10.63	10.49
+ 4	11.60	11.44	11.28	11.12	10.97	10.83	10.69	10.55	10.41
+ 2	11.51	11.34	11.19	11.03	10.89	10.74	10.60	10.46	10.32
0	11.42	11.26	11.10	10.94	10.80	10.66	10.52	10.38	10.24
— 2	11.33	11.17	11.01	10.85	10.71	10.58	10.44	10.30	10.16
— 4	11.24	11.08	10.92	10.76	10.63	10.49	10.34	10.21	10.07
— 6	11.15	10.99	10.83	10.68	10.54	10.41	10.28	10.13	9.99
— 8	11.06	10.90	10.74	10.59	10.45	10.32	10.20	10.05	9.91
— 10	10.97	10.81	10.65	10.50	10.37	10.24	10.11	9 96	9.92
— 12	10.87	10.72	10.57	10.41	10.28	10.15	10.03	9.88	9.74
— 14	10.78	10.63	10.48	10.33	10.19	10.07	9.94	9.80	9.66
— 16	10.69	10.54	10.39	10.24	10.11	9.98	9.86	9.72	9.59
— 18	10.60	10.45	10.30	10.15	10.02	9.89	9.78	9.64	9.51
— 20	10.51	10.36	10.21	10.06	9 93	9.81	9.69	9.55	9.42

Beispiel: In 260 m Meereshöhe sei bei 10° Lufttemperatur ein Luftdruck von 742.2 mm beobachtet worden. Die obige Tabelle ergibt die barometrische Höhenstufe 11.20. Es ist also $\frac{260}{11.20} = 23.2$ mm zu 742.2 hinzuzuzählen. Der auf den Meeresspiegel reduzierte Barometerstand ist also 765.4 mm.

Tabelle III.

Maximale Dampfspannung und maximaler Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei verschiedenen Temperaturen.

Luft-temperatur	Dampfspannung über Eis mm	Dampfspannung über Wasser mm	Luft-temperatur	Dampf-spannung mm	Absolute Feuchtigkeit g pro cbm
— 30°	0.29		0°	4.6	4.9
— 29	0.32		1	4.9	5.2
— 28	0.36		2	5.3	5.6
— 27	0.40		3	5.7	6.0
— 26	0.44		4	6.0	6.4
			5	6.5	6.8
— 25	0.48				
— 24	0.53		6	7.0	7.3
— 23	0.59		7	7.5	7.8
— 22	0.65		8	8.0	8.2
— 21	0.71		9	8.6	8.8
			10	9.2	9.5
— 20	0.79				
— 19	0.87		11	9.8	10.0
— 18	0.96		12	10.5	10.7
— 17	1.05		13	11.2	11.4
— 16	1.15		14	11.9	12.1
			15	12.7	12.8
— 15	1.26	1.45			
— 14	1.38	1.57	16	13.6	13.7
— 13	1.51	1.70	17	14.4	14.5
— 12	1.65	1.85	18	15.4	15.4
— 11	1.81	2.00	19	16.4	16.3
			20	17.4	17.3
— 10	1.97	2.16			
— 9	2.15	2.34	21	18.5	18.3
— 8	2.35	2.52	22	19.1	19.4
— 7	2.56	2.72	23	20.9	20.6
— 6	2.78	2.94	24	22.2	21.8
			25	23.6	23.1
— 5	3.03	3.17			
— 4	3.30	3.41	26	25.0	24.5
— 3	3.59	3.68	27	26.5	25.8
— 2	3.89	3.96	28	28.1	27.3
— 1	4.22	4.26	29	29.8	28.8
			30	31.6	30.4
0	4.58	4.58			

Tabelle IV.

Monatliche Mittelwerte der meteorologischen Elemente.

Aachen (205 m ü. d. M.)

auf Grund 60jähriger Beobachtungen
zusammengestellt vom Meteorologischen Observatorium.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur °C.	1.9	3.0	5.0	9.2	13.0	16.6	17.8	17.4	14.7	10.3	5.8	2.8	9.8°
Luftdruck mm	746.9	46.5	44.0	43.4	45.2	46.0	45.5	45.4	46.2	44.4	44.9	45.2	745.3 mm
Relative Feuchtigkeit %	81	78	73	66	66	68	70	71	75	77	80	82	74%
Niederschlagsmenge mm	70	61	68	50	65	71	84	80	67	69	76	83	844 mm

Berlin (49 m ü. d. M.)

auf Grund 59jähriger Beobachtungen, zusammengestellt von Otto Behre.

Temperatur °C.	— 0.4	1.0	3.7	8.7	13.8	17.7	18.9	18.2	14.7	9.5	4.0	0.8	9.2°
Luftdruck mm	758.9	57.4	54.7	55.8	56.4	57.0	56.4	56.7	58.5	56.7	58.3	57.8	757.1 mm
Relative Feuchtigkeit %	86	81	77	69	64	65	67	69	74	80	84	85	75%
Niederschlagsmenge mm	39	38	43	39	49	63	75	56	44	47	43	46	582 mm

Breslau (147 m ü. d. M.)

auf Grund langjähriger Beobachtungen,
zusammengestellt nach den Beobachtungen der Königl. Universitäts-Sternwarte.

Temperatur °C.	— 2.8	— 1.1	1.9	7.7	13.0	16.6	18.1	17.7	13.8	8.8	2.9	—1.0	8.0°
Luftdruck mm	750.8	50.0	48.0	47.5	48.3	48.6	48.6	48.8	50.1	49.5	49.1	50.2	749.1 mm
Relative Feuchtigkeit %	84	82	77	70	66	67	67	70	73	79	84	85	75%
Niederschlagsmenge mm	27	29	34	36	55	65	79	79	48	36	36	34	558 mm

Bromberg (54 m ü. d. M.)

auf Grund 48jähriger Beobachtungen, zusammengestellt von Dr. Treibich.

Temperatur °C.	— 2.8	— 1.7	1.2	6.9	12.2	16.7	18.3	17.1	13.3	7.9	2.3	—1.1	7.5°
Luftdruck mm	759.1	59.2	56.2	56.5	57.0	56.0	55.7	55.8	58.2	56.2	58.5	57.3	757.1 mm
Relative Feuchtigkeit %	87	84	80	71	66	67	69	74	77	83	87	88	78%
Niederschlagsmenge mm	29	26	33	35	48	58	64	60	42	40	34	34	505 mm

Dresden (115 m ü. d. M.)

auf Grund 20jähriger Beobachtungen

zusammengestellt von Dr. E. Grohmann, Königl. Landeswetterwarte.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur °C.	— 0.4	0.9	4.2	8.6	13.5	17.1	18.4	17.8	14.1	9.3	4.4	1.0	9.1°
Luftdruck mm	753.6	52.8	50.0	50.1	51.1	51.5	51.4	51.5	52.8	51.8	52.1	51.9	751.7 mm
Relative Feuchtigkeit %	82	80	75	69	67	66	68	70	75	79	82	83	75%
Niederschlagsmenge mm	37	37	48	51	77	79	95	66	58	54	41	38	681 mm

Frankfurt a. M. (100 m ü. d. M.)

auf Grund 51jähriger Beobachtungen

zusammengestellt vom Physikalischen Verein in Frankfurt a. M.

Temperatur °C.	0.3	2.1	5.0	9.7	14.0	17.8	19.2	18.3	14.9	9.6	4.6	1.1	9.7°
Luftdruck mm	755.3	54.3	51.2	51.3	52.2	53.0	53.0	52.9	53.9	52.6	53.4	54.0	753.1 mm
Relative Feuchtigkeit %	83	79	72	66	65	67	70	71	77	82	84	86	75%
Niederschlagsmenge mm	43	34	43	34	47	63	73	59	47	57	49	49	598 mm

Hamburg (26 m ü. d. M.)

auf Grund 25jähriger Beobachtungen, zusammengestellt von der Deutschen Seewarte.

Temperatur °C.	— 0.6	0.8	2.8	7.4	11.7	15.6	16.8	16.4	13.6	8.6	4.1	1.0	8.2°
Luftdruck mm	760.1	58.8	56.4	57.1	58.2	58.4	57.4	57.5	58.7	57.4	58.5	57.8	758.0 mm
Relative Feuchtigkeit %	91	88	82	73	69	71	76	77	81	85	89	91	81%
Niederschlagsmenge mm	48	47	54	42	51	74	91	76	62	76	48	58	727 mm

Helgoland (42 m ü. d. M.)

reduziert auf 50jährige Beobachtungen

zusammengestellt vom Meteorologischen Institut in Berlin.

Temperatur °C.	1.8	1.4	2.6	6.3	9.8	14.0	16.0	16.5	14.5	10.4	5.7	3.2	8.5°
Luftdruck mm	759.1	56.6	55.5	55.4	57.3	56.9	55.6	55 7	56.5	55.2	54.8	55.2	756.2 mm
Relative Feuchtigkeit %	88	88	85	81	78	80	82	81	80	80	82	85	82%
Niederschlagsmenge mm	85	69	55	45	46	34	44	42	58	86	82	91	737 mm

Ilmenau (503 m ü. d. M.)

auf Grund mehrjähriger Beobachtungen,

zusammengestellt von der Wetterdienststelle Ilmenau.

Temperatur °C. . . . . (11jähriges Mittel)	— 1.4	— 0.8	1.7	5.6	11.0	14.6	16.0	14.9	11.6	7.7	2.1	0.2	6.9°
Niederschlagsmenge mm (20jähriges Mittel)	63	59	67	60	80	77	82	75	76	71	63	64	837 mm

Karlsruhe (127 m ü. d. M.)

auf Grund langjähriger Beobachtungen, zusammengestellt von Prof. Dr. Schultheiss.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur °C.	0.3	1.8	5.2	9.7	13.9	17.6	18.9	18.2	14.5	9.7	5.0	1.6	9.7°
Luftdruck mm	753.5	51.6	49.2	48.8	49.7	50.6	51.0	51.2	52.3	50.7	51.5	51.3	750 9 mm
Relative Feuchtigkeit %	85	81	75	70	70	71	74	76	80	84	85	87	78%
Niederschlagsmenge mm	53	45	59	53	57	78	84	66	61	74	49	53	732 mm

Königsberg (9 m ü. d. M.)

auf Grund 45-59jähriger Beobachtungen, zusammengestellt von Professor Dr. Kienast.

Temperatur °C.	—3.3	—2.4	0.2	5.7	11.0	15.3	17.2	16.7	13.0	7.7	2.2	—1.7	6.8°
Luftdruck mm	762.5	61.7	59.7	60.2	60.8	60.3	59.6	60.0	61.8	61.3	60.7	61.0	760.8 mm
Relative Feuchtigkeit %	88	85	82	75	71	72	75	76	80	83	87	88	80%
Niederschlagsmenge mm	37	33	34	32	48	59	74	81	80	63	54	44	639 mm

Magdeburg (54 m ü. d. M.)

auf Grund 30jähriger Beobachtungen, zusammengestellt von K. Weidenhagen.

Temperatur °C.	—0.5	0.8	3.6	8.2	13.4	16.8	18.1	17.2	14.1	9.0	3.9	1.0	8.8°
Luftdruck mm	758.8	57.5	55.3	55.3	56.3	56.6	56.2	56.4	58.1	56.6	57.5	56.8	756 8 mm
Relative Feuchtigkeit %	85	83	78	70	66	66	70	71	76	83	86	86	77%
Niederschlagsmenge mm	31	28	39	31	47	52	72	46	45	44	34	32	501 mm.

München (529 m ü. d. M.)

auf Grund langjähriger Beobachtungen, zusammengestellt von Dr. C. Lang.

Temperatur °C.	—3.0	—1.1	2.3	7.5	12.0	15.6	17.2	16.5	12.9	8.0	2.1	—1.5	7.4°
Luftdruck mm	716.3	15.9	14.4	13.8	14.8	16.5	17.0	16.6	17.1	16.2	15.2	16.3	715.8 mm
Niederschlagsmenge mm	38	34	46	59	92	113	108	107	64	58	49	37	805 „

Strassburg i. E. (144 m ü. d. M.)

auf Grund 20jähriger Beobachtungen, zusammengestellt von der Met. Zentralanstalt.

Temperatur °C.	—0.3	1.8	5.4	9.8	13.7	17.4	18.7	17.9	14.5	9.7	4.5	1.6	9.6°
Luftdruck mm	752.3	50.3	47.9	47.9	48.5	49.3	49.8	50.2	50.7	49.4	50.4	44.8	749.3 mm
Relative Feuchtigkeit %	88	84	78	72	74	74	75	79	83	87	88	89	81%
Niederschlagsmenge mm	37	33	38	49	59	68	93	68	56	65	45	41	652 mm

Stuttgart (273 m ü. d. M.)

auf Grund langjähriger Beobachtungen
zusammengestellt von der Kgl. Meteorologischen Zentralstation in Stuttgart.

Temperatur °C.	—0.2	2.1	5.0	9.6	14.1	17.4	19.0	18.2	14.7	9.8	4.8	1.2	9.6°
Luftdruck mm	739.7	38.8	37.0	36.3	37.4	38.4	38.8	38.8	39.4	38.5	38.2	39.2	738.4 mm
Relative Feuchtigkeit %	84	81	75	71	70	72	72	74	80	83	84	86	78%
Niederschlagsmenge mm	36	34	43	50	68	83	79	70	56	47	47	42	655 mm

Weilburg (156 m ü. d. M.)

auf Grund 20jähriger Beobachtungen, zusammengestellt von Professor O. Freybe.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur °C.	—0.7	0.8	3.7	8.2	12.0	16.0	17 6	16.7	13.2	8.3	3.5	—0.3	8.2°
Niederschlagsmenge mm	54	47	60	43	53	70	86	67	60	69	49	57	715 mm

Höhenstationen.

Brocken (1145 m ü. d. M.)

auf Grund 10jähriger Beobachtungen (reduziert auf 40 Jahre)
zusammengestellt von Professor Dr. C. Kassner.

Temperatur °C.	—3.7	—4.4	—3.2	0.8	5.2	9.0	10.8	10.3	7.8	3.6	—1.2	—3.8	2.6°
Niederschlagsmenge mm	141	160	161	107	105	173	168	153	117	108	140	167	1700 mm

Feldberg im Taunus (880 m ü. d. M.)

auf Grund mehrjähriger Beobachtungen (reduziert auf 51 Jahre)
zusammengestellt vom Physikalischen Verein in Frankfurt a. M.

Temperatur °C	—3.8	—3.5	—0.6	3.5	8.3	11.9	13.1	12.7	10.1	5.6	0.3	—3.1	4.5°
Luftdruck mm	686.0	82.1	82.7	82.8	85.0	86.1	86.5	87.4	88.7	86.3	83.3	81.2	684.9 mm
Relative Feuchtigkeit %	98	99	92	82	78	83	86	84	87	88	94	98	89%
Niederschlagsmenge mm	61	69	78	57	58	75	97	82	73	78	82	90	900 mm

Schneekoppe (1610 m ü. d. M.)

reduziert auf 50jährige Beobachtungen
zusammengestellt vom Kgl. Meteorologischen Institut in Berlin.

Temperatur °C.	— 7.0	— 7.9	— 6.4	—2.1	2.9	6.3	8.0	7.6	5.2	0.8	—3.6	—6.8	—0.2°
Luftdruck mm	623.6	23.6	21.8	23.9	26.6	28.2	29.0	29.2	28.9	25.8	25.8	23.3	625.8 mm
Relative Feuchtigkeit %	79	81	85	85	87	86	87	87	89	91	84	83	85%
Niederschlagsmenge mm	60	72	55	74	105	136	139	141	108	84	63	74	1112 mm

Zugspitze (2964 m ü. d. M.)

auf Grund 10jähriger Beobachtungen, zusammengestellt von Ant. Huber in München.

Temperatur °C.	—11.2	—12.6	—10.6	—7.7	—3.2	0.1	1.6	1.8	—0.4	—3.2	—7.9	—9.8	—5.2°
Luftdruck mm	527.9	23.9	24.7	26.5	30.6	32.9	34.8	35.3	33.9	30.9	27.1	24.2	529.5 mm
Relative Feuchtigkeit %	76	83	82	89	87	90	90	90	85	82	75	79	84%
Niederschlagsmenge mm	75	81	90	120	134	163	183	192	121	88	73	87	1407 mm

Monat: **Januar.** Jahr: **1907.** Beobachter: { Fritz Müller. Heinrich Schneider. Karl Veidt. Fritz Fischer } Ort: **Frankfurt a. M.**

Zeit 2 n	Barometer	Thermometer	Temperatur h	Temperatur t	Temperatur m*)	Hygrometer	Bewölkung	Wind Richtung	Wind Stärke	Niederschläge Höhe	Niederschläge Form und Zeit	Erscheinungen am Himmel	Erscheinungen bei Tieren und Pflanzen	Erscheinungen im Menschenleben
1	746	4	4	— 4	3.3	84	10	SW	4	3.2	◍-11 v, 1 n-2 n, 4½ n-nt		Der Haselstrauch hat etwa 2 cm lange Kätzchen	Der Feldberg sieht weiss aus
2	741	9	9	3	**6.9**	68	10	SW	6	6.5	◍5 n-nt	Die Wolken vom Winde gejagt	An der Erle sieht man zweierlei steife Kätzchen	Rodler und Skiläufer
3	740	6	7	3	4.9	65	10	SW	5	8.2	◍6½ n-nt		Eine Amsel pickt im Schulgarten	
4	752	3	4	2	2.9	76	10	W	4	1.8	◍-8 v, ◍ u. ✳ zwisch. 4 u. 5 n			
5	764	3	3	1	1.5	76	3	W	3	0.4	✳ v, △ 11 v-12 v, ✳ u. ◍ n-nt			
6	758	3	5	1	3.2	96	10	SW	3	1.3	◍ v-2 n			
7	764	4	5	3	4.2	84	10	W	3	1.2		Abendrot		
8	766	5	5	3	4.2	90	10	SW	2	0.4	◍nt-9 v	Morgenrot		
9	762	5	5	3	4.2	90	10	SW	1	0.2	◍nt, ≡		Der Rasen im Schulgarten hat grüne Spitzen	
10	761	3	5	3	3.3	83	10	SW	3				Die Knospen der Rosskastanien sind dick und sehr klebrig	Auf dem Main fahren wieder Schiffe
11	761	4	6	3	3.8	90	10	SW	3			Abends ∈ Gute Aussicht		
12	765	4	4	2	3.8	77	10	SW	4		◍nt	Schöne Wolken		
13	762	7	7	4	5.7	71	5	NW	4	0.4	◍11 v-12 v, ◍n		Eine Amsel zieht einen Regenwurm aus dem Boden	
14	763	6	6	5	5.8	79	10	SW	4	0.3				
15	766	7	7	6	6.1	71	10	SW	3					
16	766	5	7	5	5.1	72	10	NW	3				Auf dem Main werden die Möven von den Leuten gefüttert	
17	**770**	6	7	4	5.6	83	10	—	0					
18	769	8	8	5	6.2	80	10	NO	2				Die Haselkätzchen sind lang und biegsam	
19	767	5	6	2	4.0	72	2	NO	3			Federwolken aus SW		
20	768	4	5	1	2.6	68	7	NO	2			Schäfchen		
21	763	3	4	— 3	6.1	87	10	NW	2		◍u. ✳ n-nt		Es ist kein Vogel zu sehen	Zimmerpausen, weil es zu kalt ist. Eisbahnen
22	767	— 7	— 2	— 12	—**10.2**	**61**	0	NO	5	4.2	⌣		Struppige Sperlinge auf den Bäumen	An dem Neubau gegenüber der Schule haben die Maurer aufgehört zu arbeiten
23	768	— 6	— 6	— **15**	— 9.8	79	0	NO	5		⌣		Die Sperlinge suchen vergeblich nach Brot im Schulhofe, sie picken an den Früchten der Rose	
24	768	— 5	— 4	— 12	— 6.7	90	3	NO	3					
25	762	— 1	— 1	— 8	— 3.1	88	0	O	1		⌣	Federwolken aus SW. ∈		
26	756	— 1	1	— 4	— 2.0	**96**	8	NW	2		Leichte Schneefälle von 12½ n-nt		Eine Krähe auf der Pappel	
27	761	0	1	— 5	— 2.4	85	7	W	4	0.0			Ein Vogel mit einem Häubchen läuft im Schulhof herum	Auf dem Main sind Eisschollen
28	752	1	1	— 4	— 0.2	85	10	SW	4	1.6	✳ v u. 7 n-nt [u. △ n			Die Schiffe fahren nicht
29	741	5	5	1	2.5	62	3	W	5	6.6	◍11 v-12 v, ◍ u. △, f. Eisnadeln			Viele Rodler u. Skiläufer
30	**738**	1	3	— 1	0.6	89	10	SW	4	1.8	◍10½ v-11 v, ✳ 1 n-2½ n		Die Haselkätzchen stäuben; aus manchen Knospen sehen rote Fäden hervor.	
31	747	1	2	— 2	— 0.7	72	5	N	4	1.2	✳ 2½-3 n			

*) Aus der Wetterkarte entnommen.

Monat: **Mai.** Jahr: **1907.** Beobachter: { Heinz Kunz. Ludwig Martin. Carl Schulze. Erich Heiter. } Ort: **Frankfurt a. M.**

Zeit 2 n	Barometer	Thermometer	Temperatur h	Temperatur t	Temperatur m*)	Hygrometer	Bewölkung	Wind Richtung	Wind Stärke	Niederschläge Höhe	Niederschläge Form und Zeit	Erscheinungen am Himmel	Erscheinungen bei Tieren und Pflanzen	Erscheinungen im Menschenleben
1	749	8	11	5	6.3	62	10	NW	3	4.2	△1 n, ◍n-nt	Schwarze Wolken wechseln mit blauem Himmel	Die Löwenzahnblüten sind geschlossen	
2	748	9	11	4	6.4	60	10	SW	5	2.0	◍2n-nt		Im Gras eine Schnecke mit Haus	
3	**744**	11	12	6	10.8	**89**	10	SW	4	8.8	◍9v-3n, ◍5n-9½n		Die Erlenblätter wollen heraus	
4	748	13	14	11	11.9	80	10	SW	5	8.1	◍10v-4n, ◍nt		Die Sperlinge baden in den Pfützen	
5	750	23	24	8	16.4	40	5	SE	2	1.0				
6	748	24	24	13	18.4	46	8	N	2					
7	755	17	19	12	14.0	46	10	SW	4				Die Löwenzahnblüten sind breit offen	
8	753	24	24	7	17.5	28	5	O	3		◍⊓⊲8½-9½n	Sehr dicke Haufenwolken	Mücken mit langen Beinen über dem Tümpel	
9	**756**	19	21	7	15.1	49	3	W	3	2.6			Die Birnbäume sind voller Blüten	
10	753	25	27	10	19.0	32	5	SO	2					
11	753	29	30	13	21.6	25	3	SO	2				Blütensträusse der Rosskastanie	Maifest. Die Buchen haben ihr frisches Laub
12	751	30	**31**	14	**22.8**	**24**	3	SO	3				Der Apfelbaum blüht	
13	749	26	27	15	18.9	38	5	SW	3		⊲◍8½-10n		Viele Bienen auf den Blüten der weissen Taubnessel	
14	751	23	22	11	17.2	41	2	SW	3	3.4		Morgenrot		
15	747	16	21	13	14.7	83	10	NW	3		◍1¼-3½n	Zerfetzte Wolken	Der Weissdorn mit vielen Blüten	
16	749	14	17	10	11.8	71	10	W	2	5.8				Das Baden im Main fängt noch nicht an, weil es zu kalt ist
17	751	11	12	8	9.2	52	10	NW	3		◍8½n-9n Schauer	Sehr rasche niedrige Wolken		
18	752	10	11	5	6.6	59	8	NW	3	0 2		Schöner blauer Himmel	Die Weissdornblüten haben braune Blütenblätter	Ich gehe im Überzieher zur Schule
19	751	11	12	3	8.1	46	10	N	3					
20	747	12	16	7	9.4	54	2	NO	3			Federwolken aus SW. ∈ Abendrot	Die Kürbisblätter sehen welk aus	Das Schulzimmer geheizt
21	749	15	17	9	13.4	40	6	SW	2		◍nt	Am Morgen Schäfchen		
22	750	20	20	12	15.4	49	10	SW	3	0.2				
23	748	26	26	10	18.2	38	8	SO	2		⊲◍7¼-8n	⌒		Jetzt baden wir im Main
24	751	24	25	13	18.6	56	8	SW	3	4.5			Abends schwärmen die Maikäfer	
25	753	28	28	14	21.8	41	0	NO	1					
26	750	29	29	16	21.8	51	4	W	1	0.0	⊲4n-5n dann leichter Regen		Klatschmohn blüht	
27	752	23	23	16	18.1	53	5	NW	2			Dunstig; schlechte Fernsicht	Eine Rose	
28	752	21	22	11	15.3	43	0	N	2				Schwertlilie und Lupine blühen	
29	754	18	19	7	12.8	40	3	N	3				Am Pfaffenhütchen unzählige Blattläuse	
30	755	18	20	6	14.2	44	3	NW	1				Kleine Schildchen an den jungen Pappelstämmen	
31	747	25	25	10	19.1	35	3	S	1		⊲◍nt		Der Hopfen ist so hoch wie die Stange	

*) Aus der Wetterkarte entnommen.

Zusammenstellung der Lehrmittel für den wetterkundlichen Unterricht.

1. Die Wetterkarte der zuständigen Wetterdienststelle.
2. Meteorologische Instrumente:
   Aneroidbarometer, Thermometer, ein Paar Extremthermometer, Regenmesser, Hygrometer; (Psychrometer, Quecksilberbarometer).
   Empfehlenswerte Firmen:
   R. Fuess in Steglitz bei Berlin (besondere Kollektion von Schulinstrumenten), W. Lambrecht in Göttingen, J. u. A. Bosch in Strassburg i. E. u. a.
3. Tafeln und Formulare:
   Schulwettertafeln von J. A. Stein Nachf. in Frankfurt a. M.
   Formulare für graphische Monats- und Jahresübersichten von Schleicher & Schüll in Düren (Rheinland).
   Wetterkartenformulare auf Linoleum in der Grösse von 1.60 × 1.35 m von O. Eisele in Frankfurt a. M., Physikalischer Verein, oder in der Grösse 1.00 × 1.00 m von H. Behse in Berlin N 4, Invalidenstrasse 42.
   Beobachtungsformulare für Schulzwecke von F. B. Auffarth in Frankfurt a. M.
4. Anschauungsmaterial:
   Börnsteins Schulwetterkarten, Serie von 12 charakteristischen Wetterkarten (Berlin, Dietrich Reimer).
   Meteorologische Globen für Januar und Juli von C. Kassner. (Berlin, Dietrich Reimer).
5. Literatur:
   J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie (Leipzig, Ch. Tauchnitz 1910). — Fundamentallehrbuch und Nachschlagewerk der Meteorologie.
   R. Börnstein, Leitfaden der Wetterkunde (Braunschweig, Vieweg & Sohn 1906). — Vollständigstes Lehrbuch für die speziellen Zwecke der Wetterkunde.
   O. Freybe, Praktische Wetterkunde (Berlin, Paul Parey 1906). Hauptsächlich für Landwirtschaft.
   W. I. van Bebber, Die Wettervorhersage (Stuttgart, Enke 1898). Hauptsächlich für Prognosenzwecke.
   R. Hennig, Gut und schlecht Wetter. Aus „Natur und Geisteswelt“ (Leipzig, Teubner 1911). — Sehr gute Übungsbeispiele.
   W. Trabert, Die Meteorologie. Sammlung Göschen. (Leipzig 1910). — Einführung in die Grundbegriffe der Meteorologie.
   C. Kassner, Das Wetter und seine Bedeutung für das praktische Leben. (Leipzig, Quelle und Meyer 1908.)