



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Leitfaden der Wetterkunde

Börnstein, Richard

Braunschweig, 1901

Wetter.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-77440](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-77440)

Platte, welche demnach stets senkrecht gegen die Windrichtung gestellt ist. Sie ist um ihre Oberkante drehbar und lässt also durch ihre Abweichung aus der senkrechten Lage die Windstärke erkennen, wobei der Hebungswinkel (nicht etwa die Nummer der Windstärke!) an den Stiften des Kreisbogens abgelesen werden kann.

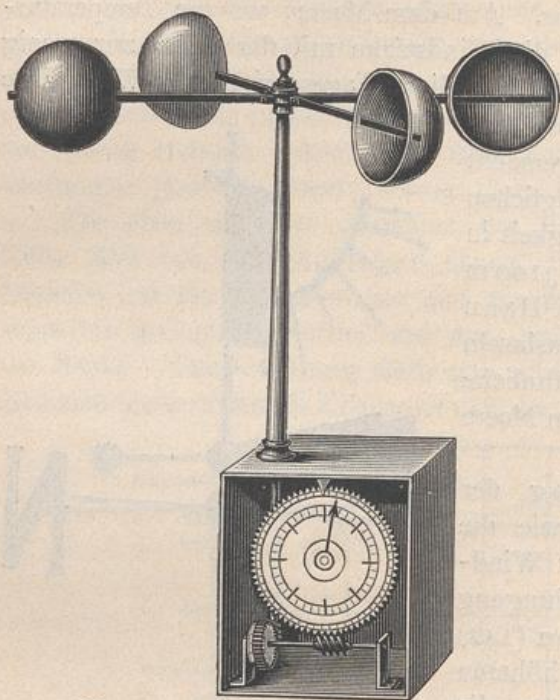


Fig. 22. Robinson's Schalenkreuz.

einem Drittel und der Hälfte der Windgeschwindigkeit liegt. Das mit der Achse des Schalenkreuzes verbundene Zählwerk gestattet, die mittlere Geschwindigkeit des Windes (eigentlich den Windweg) für jede Zeitdauer zu bestimmen.

An reichlicher ausgestatteten Beobachtungsstationen dient zum Messen der Windgeschwindigkeit das Robinson'sche (151) Schalenkreuz (Fig. 22). Auf die halbkugeligen Schalen desselben wirkt der Wind an der hohlen Seite stärker als an der gewölbten, so dass eine Drehung im gleichen Sinne bei jeder Windrichtung erfolgt. Die Schalenmitten bewegen sich alsdann mit einer Geschwindigkeit, welche zwischen

Wetter.

Aus der Wechselwirkung der meteorologischen Elemente entsteht das Wetter. Wir werden seine Darstellung durch Schilderung einer Reihe von häufig vorkommenden Witterungsvorgängen zu geben suchen.

Eine sehr wichtige Gruppe atmosphärischer Erscheinungen ist an den aufsteigenden Luftstrom geknüpft. Dass ein solcher aus den von der Temperaturvertheilung herrührenden Druckunterschieden entstehen kann, sahen wir oben (S. 83); über der Gegend, in welcher der Luftdruck geringer ist als in der Nachbarschaft, bildet sich ein aufsteigender Strom, genährt durch die am Boden von allen Seiten herzuströmende Luft, während aus seinem oberen Theile Luft nach allen Seiten abfließt. Auch dass der aufsteigende Strom zur Bildung von Wolken und Niederschlag führen kann, wurde vorher (S. 61) bereits erörtert, und dabei auch die Möglichkeit erwähnt, dass Uebersättigung

der Luft mit Dampf und Ueberkaltung der gebildeten Wassertropfen vorkommen und beim Aufhören dieses labilen Zustandes das Auftreten von Platzregen und Hagel erzeugen können. Indem nun hierbei durch plötzliche und massenhafte Condensation eine erhebliche Wärmemenge, die bisher latent war, frei wird und in die Luft übergeht, ergiebt sich eine örtliche Drucksteigerung, welche mehrere Millimeter Quecksilberdruck betragen kann. So berechnet v. Bezold (152), dass bei einer am Boden herrschenden Temperatur von 25° und bei 66 Proc. relativer Feuchtigkeit ein aufsteigender Strom bereits in 806 m Höhe zur beginnenden Condensation und in 3988 m zur Erreichung des Gefrierpunktes führt. Wird aber das vorhandene Wasser um noch weitere 300 m gehoben, ohne zu erstarren, und gefriert dann in plötzlichem Aufhören der Ueberkaltung, so tritt eine Vermehrung des Druckes um 3,2 mm ein; erfolgt das Erstarren erst in 4636 m Höhe bei einer Ueberkaltung um $3,8^{\circ}$, so beträgt die Druckzunahme sogar 5,9 mm.

Aufsteigende Ströme pflegen entweder über langen, schmalen Streifen oder über rundlich gestalteten Bodenflächen aufzutreten. Im ersteren Falle bezeichnen wir die Erscheinung als Böe oder auch als rotirende Luftwalze, im letzteren als aufrechten Luftwirbel. Die Böe liegt gewöhnlich mit ihrer Längsrichtung senkrecht zu dem herrschenden Winde, und da dieser sie mit sich fortführt, schreitet die Böe senkrecht zu ihrer Längsrichtung fort. Man kann daher auch sagen, sie bewege sich mit breiter Front und geringer Tiefe. Ueber dem Streifen, den ihre Grundfläche bildet, steigt die Luft empor, vor und hinter diesem Streifen fliesst sie herab und am Boden von beiden Seiten gegen die Böe. Dabei sind die Windwege kurz genug, so dass von dem ablenkenden Einfluss der Erddrehung abgesehen werden kann. Am Boden wirkt ausser den von vorn und von hinten her gegen die Böe fliessenden Strömen noch der in der Gegend herrschende Wind, mit welchem die Böe fortschreitet. An der Vorderseite ist als Differenz beider Bewegungen der zur Beobachtung kommende Wind nur schwach, an der Rückseite, wo die Summe beider Wirkungen auftritt, um so stärker. Dieser von rückwärts gegen die Böe wehende Wind führt Luftmassen heran, welche soeben aus höheren und kälteren Gegenden herabgekommen sind und dabei mit Regen oder Hagel vermischt waren. Durch solche Beimischung von Wasser oder Eis wird die aus dynamischer Erwärmung sonst zu erwartende Temperaturerhöhung grossentheils verhindert und also bewirkt, dass die hinter der Böe heranfliessenden Luftmassen merklich kälter sind, als die Umgebung. Die dynamische Erwärmung dieser herabgeflossenen Luft macht sich indessen dadurch bemerkbar, dass die Luft trotz des beigemengten Wassers von der Sättigung mit Dampf erheblich entfernt ist. Das ganze, an der Rückseite des aufsteigenden Stromes entstandene Gebilde ist also ein Luftwirbel mit horizontaler Achse. Vettin (153) bezeichnet es als „eine sich weithin erstreckende Luftwalze, die um ihre horizontale Achse rotirend mit der sich fortbewegenden Luft fortschreitet“.

Dieselbe enthält vorn wärmere, hinten kältere Luft; bei ihrem Fortschreiten beschreiben die einzelnen Theilchen Cykloiden, im unteren Theile herrscht sehr schnelle Bewegung, im oberen Theile fast Stillstand, vielleicht sogar Rückbewegung. Ein Beobachter, über dessen Standpunkt das Ganze fortschreitet, macht dabei folgende Wahrnehmungen: Aus der Herkunftsrichtung des herrschenden Windes steigt bei langsam sinkendem Luftdruck Gewölk herauf, welches am vorderen Rande zuweilen wulstförmig erscheint oder schlauchähnliche Spitzen herabhängen lässt. Kurz bevor es den Zenit erreicht hat, flaut der Wind ab oder springt wohl auch vorübergehend in die entgegengesetzte Richtung um, hört, während die Wolkenmassen über dem Beobachtungsorte anlangen, ganz auf und beginnt dann plötzlich in der früheren Richtung mit grosser Stärke zu wehen. Zugleich oder kurz vorher ist der Luftdruck sehr rasch um ein oder mehrere Millimeter Quecksilberhöhe gestiegen, beginnt aber alsbald wieder langsamer zu fallen, und sein Gang schliesst sich dann allmählich dem vor dem plötzlichen Steigen liegenden Theile an. Mit dem Ein-



Fig. 23. Vorderansicht einer Regenböe nach Köppen.

fallen des starken Windes ist eine deutliche Abkühlung eingetreten und zugleich oder bald darauf (um die Dauer des Herabfallens verzögert) ein Platzregen oder Hagelschauer niedergegangen. Reicht die Kraft des aufsteigenden Stromes nicht aus, um die Luft bis zur Condensationsgrenze emporzuheben, so fällt mit der Bewölkung der Niederschlag weg, demnach auch die Abkühlung, und man beobachtet lediglich eine Staubböe. Ist andererseits der Vorgang kräftig ausgebildet, so tritt zu den schon erwähnten Einzelheiten noch Blitz und Donner hinzu. Man spricht in solchen Fällen von Regenböe, Hagelböe, Gewitterböe u. dergl. Oftmals zieht eine Reihe solcher Böen in nahezu gleicher Richtung hinter einander über eine Gegend hin und giebt Gelegenheit zur wiederholten Beobachtung der eben geschilderten Einzelheiten.

Den Anblick, welchen in solchem Falle die Wolken bieten, hat Köppen (154) durch die in Fig. 23 und 24 wiedergegebenen Zeichnungen dargestellt. Die erste der Figuren wurde nach der Natur skizzirt und zeigt die Vorderseite einer gegen den Beschauer heranrückenden Böe. Unter einem Cirrostratusschirm, dessen vorderer, aus verschiedenen Formen

von Cirrus und Cirrocumulus bestehender Rand eben den Zenit passirte, kam ein etwa vom Nordwest- bis zum Südsüdwestpunkte des Horizontes reichender dunkler Wolkenwulst rasch heraufgezogen, unter resp. hinter welchem ein gleichmässig lichtgraues Segment sich zeigte. Etwa 10 Minuten später, als die Mitte des Wolkenwulstes den Zenit passirt hatte, kamen die ersten Tropfen, welche bald in einen kräftigen Regen von einer halben Stunde Dauer übergingen. Das lichtgraue Segment war die Regenmasse selbst und erschien hellfarbig, weil die mitgerissene Luft im Absteigen und also nebelfrei war. In der That kann man ja bekanntlich durch starken Regen viel weiter hindurchsehen, als durch mässigen Nebel. Der in Fig. 24 abgebildete Längsschnitt einer regnenden Wolke (von vorn nach hinten) ist eine auf Grund zahlreicher Einzelbeobachtungen entworfene typische Darstellung. Drei hinter einander von der linken zur rechten Seite der Zeichnung fortschreitende Regenböen sind erkennbar; von der Wolke hängen drei Regenstreifen herab,

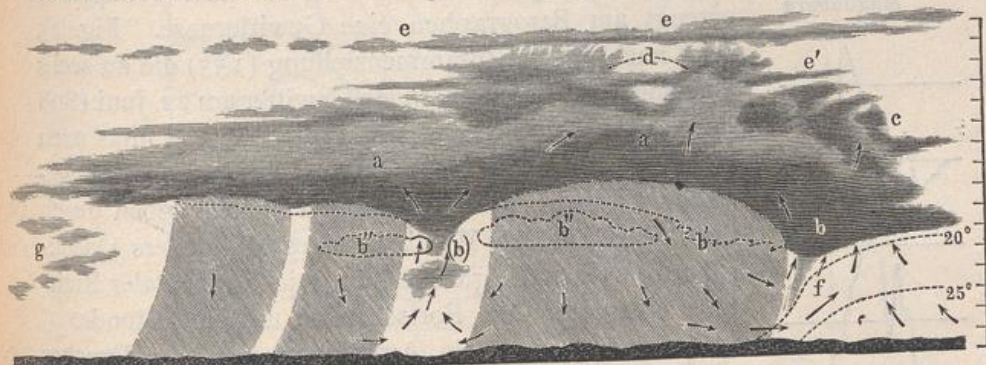


Fig. 24. Seitenansicht einer Regenböe nach Köppen.

die dunkler als die dazwischen aufsteigende Luft, aber heller als die darüber liegende Wolke erscheinen. Sie sind am oberen Ende mehr oder weniger — besonders der vorderste — von Wolkenwülsten umgeben, die bei *b* und (*b*) vom Längsschnitt getroffen werden, bei *b'* und *b''* aber aus der Ebene eines der seitlichen Ränder auf den Medianschnitt projicirt und in gestrichelten Umrissen angegeben sind. Steht man unter *b*, so kann man unter günstigen Umständen in den Theil der Wolke, aus dem der Regen kommt, wie in ein riesiges Gewölbe hineinsehen. Die dicke Wolkenmasse *bc* ist es, welche auf Fig. 23 von vorn (resp. auf Fig. 24 von rechts) gesehen als dunkler Bogen erscheint, was natürlich eine bedeutende seitliche Ausdehnung des Regenschauers zur Voraussetzung hat. Dagegen ist bei *aa* die Wolke viel dünner. Statt der geballten Cumulusformen von *c* finden wir über dem vorderen *a* einige Gipfel mit schleierartigen Ausströmungen *d*, während nach hinten die Wolke mehr und mehr bankförmige Bildung annimmt. Bei *ee* ist der obere Cirrostratusschirm angedeutet, welchen wir auch auf Fig. 23 sehen; tiefere Lagen ähnlicher, aber nur stückweise vorhandener Schirme, die von den Cumulusköpfen durchbrochen werden, finden wir bei *e'* und

unter c angedeutet. Die am rechten Rande der Fig. 24 (a. v. S.) befindliche Scala, deren Theile je 100 m bedeuten, gilt auch für horizontale Abstände und soll die in der Natur vorkommende ungefähre Grösse der Erscheinung veranschaulichen.

Die während einer Böe stattfindende Aenderung des Luftdruckes ist schon oben erwähnt und bildet ein sicheres und höchst charakteristisches Kennzeichen, aus welchem das geschehene Vorübergehen einer

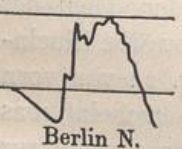
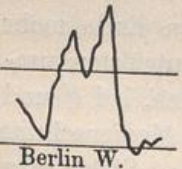
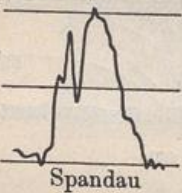
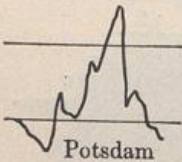
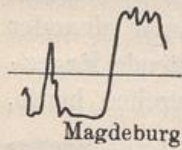
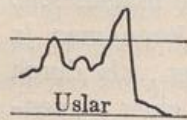


Fig. 25.
Gewitternasen.

Böe entnommen werden kann. Die an vielen Orten bereits vorhandenen Barographen zeichnen dauernd den Luftdruck mit allen seinen Aenderungen in einer zusammenhängenden Linie auf und liefern bei vorüberziehenden Böen eine Form der Druckcurve, für welche die Bezeichnung „Gewitternase“ üblich geworden ist. Ein Gewitter ist freilich nicht immer dabei theiligt, denn jede einfache Regen- oder Graupelböe erzeugt am Barographen eine Gewitternase. Fig. 25 zeigt nach meiner Zusammenstellung (155) die an sechs verschiedenen Orten durch ein Gewitter am 22. Juni 1898 hervorgebrachten Nasen, wobei die Zeit von links nach rechts gerechnet ist, der linke Theil also zuerst gezeichnet wurde. Die horizontalen Striche geben durch ihren Abstand den Werth je eines Millimeters Quecksilberdruck an, die gleiche Länge in horizontaler Richtung entspricht dem Fortschreiten um eine Stunde.

Benutzt man die Aufzeichnungen des Druckes und der Temperatur zur Darstellung der horizontalen Vertheilung dieser Elemente, so findet sich als Grundriss der Böe ein Streifen niederen Druckes; ebendasselbst oder auch in der Fortschreitungsrichtung etwas nach vorn hin verschoben liegt ein Streifen höherer Temperatur, und hinter dem niederen Druck folgt das Gewitter, wenn solches vorhanden, sowie ein Streifen hohen Druckes. Das Ganze hat zur Achse eine „Böenlinie“, welche ungefähr senkrecht zu den Isobaren zu liegen und in deren Richtung fortzuschreiten pflegt. Die hierbei auftretende charakteristische Ausbuchtung der Isobaren an allen von den Böenlinien durchsetzten Stellen hat Durand-Gréville (156) durch die in Fig. 26 wiedergegebene Zeichnung dargestellt, für welche die während eines Gewitters am

27. August 1890 gewonnenen Beobachtungen benutzt wurden. Denkt man diese Druckvertheilung von links nach rechts fortschreitend, so ergibt sich für den an einem Orte verbleibenden Beobachter nach langsamem Sinken des Druckes eine beim Vorübergang der Böenlinie auftretende plötzliche Drucksteigerung von 2 bis 3 mm Quecksilberhöhe:

die Gewitternase. Da die Isobaren hier mit je einem Millimeter Unterschied gezeichnet sind, während sie auf unseren gewöhnlichen Wetterkarten von 5 zu 5 mm fortschreiten, so kommt in den letzteren die gleiche Erscheinung mit geringerer Deutlichkeit zur Wahrnehmung, ist aber immerhin auch leicht auffindbar. Beachtet man in Fig. 26 nur die stärker gezeichneten Isobaren von 745, 750, 755 und 760 mm, so ergibt sich dasjenige Bild, unter welchem die Böenlinie in gewöhnlichen Wetterkarten erscheint. Oftmals sind in der Umgebung einer barometrischen Depression, namentlich im Grenzgebiete zwischen einer solchen und einem barometrischen Maximum, mehrere verschiedene Böenlinien erkennbar, welche hinter einander fortschreiten. Da sie die Isobaren nahezu senkrecht durchsetzen, und da die Isobaren den Kern der Depression, d. h. die Gegend niedersten Luftdruckes umgeben, so haben die Böenlinien solche

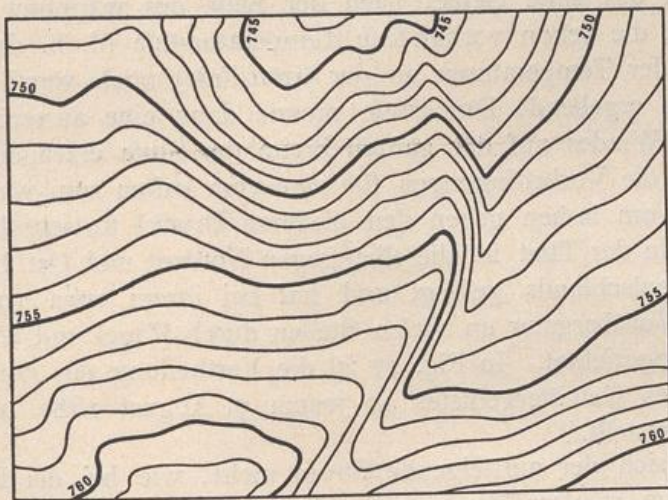


Fig. 26. Böenlinien in den Isobaren vom 27. August 1890.

Richtung, dass ihre Verlängerung den Depressionskern trifft. Man kann also auch sagen: Die Böenlinien erstrecken sich strahlenförmig vom Depressionskern heraus und bewegen sich um diesen als Mittelpunkt. Die an den umgebenden Isobaren erkennbare Ausbuchtung wird als „Gewittersack“ bezeichnet. (S. die Wetterkarte Taf. XVI.) Man hat auf die eben geschilderte Luftdruckvertheilung auch die Benennung „V-förmige Isobaren“ angewendet. Vielleicht kann die vermehrte Beachtung der Böenlinien auf Grund der ausgebuchteten Isobaren und der von dem Barographen gelieferten Gewitternasen dahin führen, dass die Voraussagung der Böen und Gewitter sicherer und früher als bisher gelingt.

Für die Entstehung und das Fortschreiten einer Böe bildet ein recht charakteristisches Beispiel der von Köppen (157) sorgfältig untersuchte Gewittersturm vom 9. August 1881, dessen ausführlicher Schilderung wir die folgenden Einzelheiten entnehmen. Eine barometrische Depression lag über der Nordsee und erstreckte ihren südöstlichen Theil über

Norddeutschland. Der hier aus West und Südwest wehende Wind brachte, den Isobaren folgend, Luftmassen herbei, die aus nördlicheren Gegenden stammten und daher Kälte mit sich führten. Durch Sonnenstrahlung entstand Morgens an der Südseite der Depression ein Gebiet hoher Wärme, welches bis zu einigen Hundert Meter hinauf die Lufttemperatur erhöhte und zugleich den Druck verminderte. Dadurch wurde die kühle Westströmung abgelenkt und floss (nach dem barischen Windgesetz, S. 86) südostwärts an der gegen Südwest gerichteten Seite der Ausbuchtung entlang, während auf deren nordöstlicher Seite eine langsame Südostströmung sich bewegte. Indem nun ein kaltes und ein warmes Gebiet in dieser Ausbuchtung unmittelbar neben einander lagen, getrennt durch eine von Nordwest nach Südost gerichtete Grenzlinie, entstand durch Aufsteigen der wärmeren Luft Regen, welcher beim Niederfallen das kalte Gebiet nach der Seite des wärmeren hin ausdehnte und die schon vorhandene Temperaturstufe (d. h. den starken Gegensatz der Temperaturen an der Grenzlinie) noch verstärkte. Die hieraus sich ergebende Druckstufe musste dann eine ausserordentliche Stärke des Windes auf der ganzen Breite der Stufe erzeugen, und so fanden sich die Vorbedingungen für eine vom kalten zum warmen Gebiet (oder vom hohen gegen den niederen Druck) fortschreitende Böe vereinigt. In der That ist dieselbe gegen Nordost und Ost bis an die Grenzen Deutschlands gelangt und hat bei ihrem etwa 10 Minuten dauernden Vorübergang an vielen Stellen durch Hagel und Sturm Zerstörungen angerichtet. In Fig. 27 ist die Vertheilung des Druckes und die Lage des Gewittergebietes an jenem 9. August 1881 um 2 Uhr Mittags dargestellt.

Bildet sich der aufsteigende Strom nicht, wie bei der Böe, über einem Streifen, sondern über einem mehr rundlich geformten Bodenstück, so fließt am Boden die Luft gleichzeitig von allen Seiten herbei und pflegt einen aufrechten Luftwirbel zu bilden. Die Verschiedenheiten der Bodenform sowie die Temperaturvertheilung bewirken es, dass die herbeiströmenden Luftmassen verschiedene Geschwindigkeit haben. Diejenige Richtung, in welcher das Herbeifliessen der unteren Luft am raschesten geschieht, überwiegt dann im Vergleich zu den übrigen Seiten, und der aufsteigende Strom schreitet seitlich im Sinne der stärksten Luftzuführung, also in der Richtung des etwa herrschenden Windes fort. Im Kleinen bilden sich solche Erscheinungen oft in ruhender und stark erwärmter Luft, fast ausschliesslich in der warmen Jahreszeit, und schreiten als Tromben oder Windhosen (Wasserhosen, Sandhosen) mit dem Winde fort, indem sie Wasser, Sand und sonstige leichte Gegenstände emporheben. Theilweise zeigen sie wirbelnde Bewegung, welche bei der Kürze der zugehörigen Windbahnen auf die ablenkende Kraft der Erddrehung um so weniger zurückgeführt werden kann, als dergleichen Wirbel keinen bestimmten Drehungssinn aufweisen. Wahrscheinlich ist die Richtung der Drehung nur durch die zufällig von den

d
n
-
t
-
n
n
e
e
n
4,
3,
n
-
i
e
e
o
-
e
e
i
-
t
e



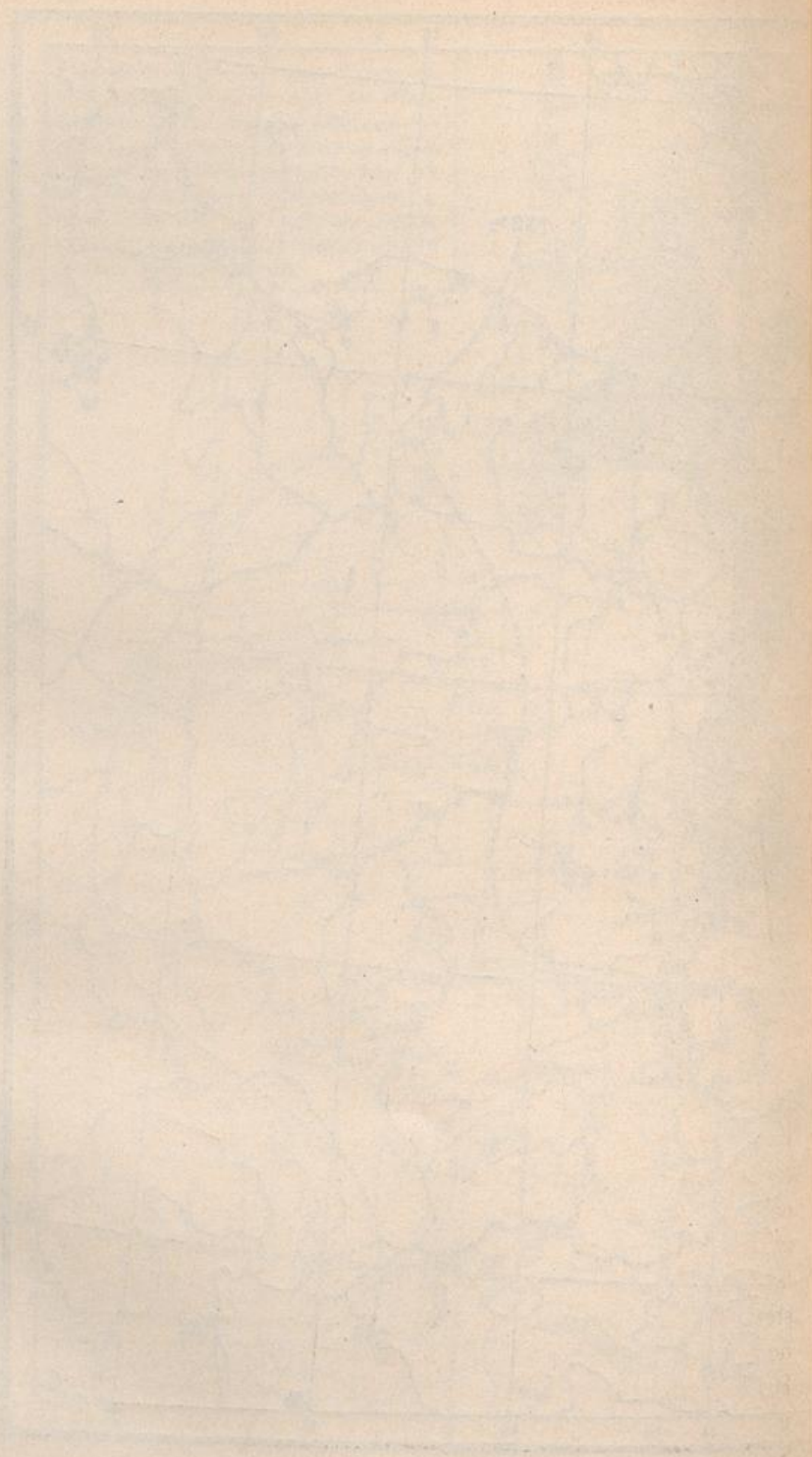


Fig. 27. Isobaren im Gewittergebiet vom 9. August 1881.

e
Z
k
d
d
d
s
t
U
E
C
Z

f
r
z
l

t
i
c



ersten herbeiströmenden Luftmassen gezeigte Bewegungsrichtung bedingt. Zuweilen treten auch Windhosen von grösserer Stärke auf und hinterlassen einen „Zerstörungstreifen“, an dem man die geringe Breite und die grosse Windstärke der Trombe erkennen kann. In unseren Gegenden pflegt dergleichen seltener vorzukommen, während in Nordamerika die als Tornados bezeichneten Wirbelstürme häufiger sind. Sie entstehen dort vorzugsweise in der wärmeren Zeit des Jahres und des Tages, bestehen aus kräftigem, aufsteigendem Luftstrom, welcher gegen den Uhrzeiger um eine aufrechte Achse sich dreht, und zeigen die mit raschem Emporsteigen gewöhnlich verbundenen Erscheinungen, nämlich dunkles Gewölk, Platzregen, Hagel, Gewitter, Sturm, sammt den entsprechenden Zerstörungen.

Von sehr viel grösserer Bedeutung für unsere Witterungsverhältnisse sind die ausgedehnten aufrechten Luftwirbel, welche die barometrischen Minima bilden. Wir werden dieselben etwas später und im Zusammenhange mit den absteigenden Luftströmen zur Besprechung bringen.

Hier sei zunächst eine besondere Erscheinung dargestellt, die gleichfalls dem aufsteigenden Luftstrome angehört, das Gewitter. Dass Blitz und Donner als elektrische Vorgänge anzusehen seien, wurde in der Mitte des 18. Jahrhunderts von Benjamin Franklin (158) aus seinen berühmt gewordenen Drachenversuchen geschlossen. Er giebt für deren Ausführung die folgende Anweisung: „Man mache aus zwei leichten Stücken von Cedernholz ein Kreuz, dessen Arme so lang sein müssen, dass sie in die vier Ecken eines grossen, aber dünnen seidnen Schnupftuches, wenn dasselbe ausgespannt ist, reichen. Man knüpfe die Ecken des Schnupftuches an die Spitzen des Kreuzes fest; so hat man den Körper eines Drachen. Versieht man diesen gehörig mit einem Schwanz, Band und Schnur, so wird derselbe, wie diejenigen, so aus Papier gemacht werden, in die Luft hinaufsteigen. Weil er aber von Seide gemacht ist, wird er geschickter sein, den Wind und die Nässe der Gewitter, ohne zu zerreißen, auszuhalten. An die Spitze des aufrecht stehenden Stabes, in dem Kreuze, muss man eine sehr scharfe Spitze von Draht befestigen, welche einen Fuss und mehr vor dem Holze hervorragt. An das Ende des Bindfadens, zunächst der Hand, knüpft man ein seidnes Band, und an dieser Stelle, wo die Schnur und die Seide zusammenkommen, kann man einen Schlüssel befestigen. Diesen Drachen lässt man steigen, wenn es das Ansehen hat, als wolle ein Gewitter entstehen. Der Mensch, welcher die Schnur hält, muss in einer Thüre oder Fenster, oder sonst unter einer Bedeckung stehen, damit das seidene Band nicht nass werden kann. Auch muss hierbei in Acht genommen werden, dass die Schnur den Thür- oder Fensterrahmen nicht berühre. Sobald nun Gewitterwolken über den Drachen kommen, zieht die Spitze das elektrische Feuer aus denselben, und hierdurch wird der Draht und die ganze Schnur elektrisirt. Die lose hängenden Fäden stehen nach

allen Seiten aus einander und werden von einem sich nähernden Finger angezogen. Sobald der Regen den Drachen und die Schnur nass gemacht hat, dass selbige das elektrische Feuer freier zuleiten können, so wird man finden, dass dasselbe bei Annäherung eines Knöchels haufenweise aus dem Schlüssel herausströmt. An diesem Schlüssel können die Gläser geladen werden, und mit dem auf diese Weise überkommenen elektrischen Feuer kann man Weingeist zünden und alle übrigen elektrischen Erfahrungen, die man sonst gewöhnlich durch Hülfe einer geriebenen Glaskugel oder Röhre zuwege bringt, anstellen. Wodurch also die Uebereinstimmung der elektrischen und der Materie des Blitzes vollkommen bewiesen ist.“

Ist hiernach die elektrische Natur des Blitzes festgestellt, so kann auch der gleiche Ursprung des Donners nicht zweifelhaft sein. Die Entladungsfunken unserer Elektrisirmaschinen lassen freilich nur einen kurzen Knall hören, und wenn die Blitzentladungen sich von jenen Funken allein durch die Stärke unterscheiden, so muss auch bei ihnen ein zwar lauter, aber gleichfalls kurz dauernder Knall auftreten. Dieser Knall entsteht aber am Orte des Blitzes und also gleichzeitig auf der ganzen langen Bahn, welche die Blitzentladung durchläuft; die verschiedenen Theile dieser Bahn sind vom Beobachter verschieden weit entfernt, und es muss der Schall des Donners sowohl auf dem geraden Wege von allen Punkten der Blitzbahn zum Beobachter gelangen, wie auch ausserdem durch Zurückwerfung an Wolken, Bergen u. s. w. Da nun der Schall in Luft nur mit einer Geschwindigkeit von etwa 330 m in der Secunde fortschreitet, so machen sich die Unterschiede der Weglänge durch die verschiedene Zeitdauer, in welchen diese Wege durchlaufen werden, bemerkbar, und man hört den einmaligen Knall des Donners ebenso oft wiederholt, als verschieden lange Wege von den Schallwellen zurückgelegt werden müssen. Dies empfinden wir dann als Rollen des Donners. Bekanntlich kann durch den kurzen Knall eines Schusses im Gebirge, wo das Echo ähnliche Wirkungen erzeugt, das Geräusch des Donners ebenfalls hervorgebracht werden.

Ueber Gestalt und Aussehen der Blitze ist merkwürdiger Weise eine ganz unrichtige Vorstellung verbreitet. Von Alters her pflegt man allgemein den Blitz in Form einer Zickzacklinie mit sehr spitzen Winkeln darzustellen und glaubt diese Form auch bei Gewittern zu erblicken. Dass dies Selbsttäuschung ist, hat die photographische Aufnahme zahlreicher Blitze erwiesen, denn auf diesen durch keine persönliche Voreingenommenheit beeinflussten Abbildungen zeigt der Blitzstrahl nur runde Biegungen und ausserdem zahlreiche Verästelungen, die vom Hauptstrahl etwa wie die Nebenflüsse eines grossen Stromes sich abzweigen. Als Beispiel solcher Form mag der von Precht (159) vom 25. Juli 1894 aufgenommene und in Fig. 28 wiedergegebene Blitz dienen. Eine besondere zuerst von Kayser (160) 1884 bemerkte Form ist die des „Bandblitzes“, wie sie Fig. 29 nach einer von Rümker (161) am 23. August

1898 in Hamburg gemachten Aufnahme zeigt. Diese letztere Form scheint ziemlich selten aufzutreten und dadurch bedingt zu sein, dass der Blitz aus mehreren, nach einander und in wechselnder Richtung stattfindenden Entladungen besteht, und dass in den Zwischenzeiten die Blitzbahn vom Winde verschoben wird, so dass die Wege der einzelnen Entladungen neben einander liegen. Man sieht den Blitz sowohl von Wolke zu Wolke, wie auch zwischen Wolken und Erde sich entladen. Ist dem Beobachter der Blitzstrahl selbst nicht sichtbar, so kann die von ihm herrührende Beleuchtung von Wolkenflächen als Flächenblitz zur

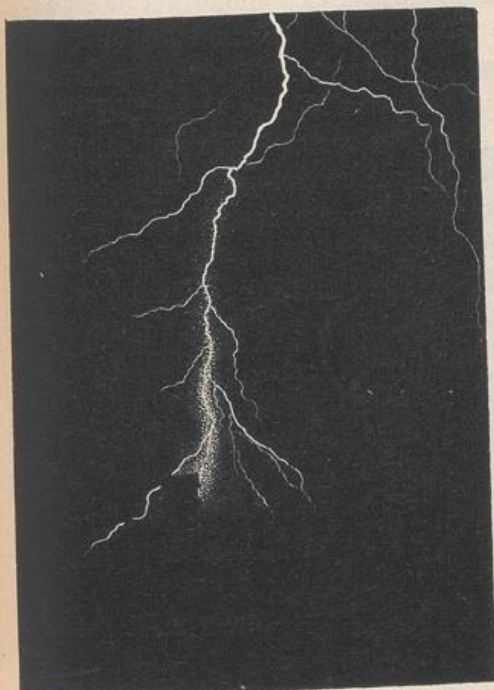


Fig. 28. Blitz.

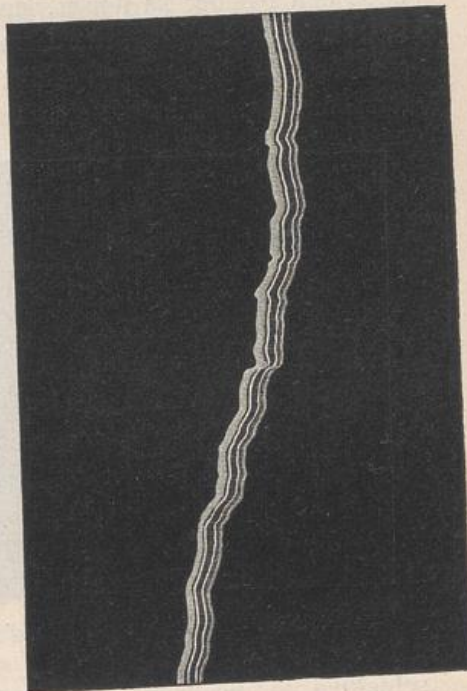


Fig. 29. Bandblitz.

Wahrnehmung kommen. Eine zuweilen auftretende Entladungsform scheint der Kugelblitz zu sein, welcher als runde Lichterscheinung geschildert wird, langsam sich bewegend und zuweilen mit Geräusch endend. Erwähnt sei ferner das Sanct Elmsfeuer, eine auf Bergen sowie auf dem Meere oft beobachtete Art der Elektrizitätsentladung. An Spitzen von Blitzableitern, Dächern u. dergl., an aufwärts gestreckten Fingern, ferner an Mastspitzen und Raanocken erblickt man unter zischendem Geräusch eine ruhende, büschelförmige Lichterscheinung, in welcher positive oder negative Elektrizität ausströmt. Nach v. Obermayer (162) haben die positiven Büschel (Fig. 30 a. f. S.) einen deutlich ausgebildeten, rötlich-weissen Stiel, der sich in das Büschel fortsetzt. Die Verzweigungen des Stieles sind ausgesprochen feinstrahlig und gegen die Enden violett. Der Kegel, welchen die Strahlen des Büschels am Stiele bilden, hat einen Oeffnungswinkel, der in der Regel grösser als ein rechter

Winkel ist. Die einzelnen Strahlen haben 1,5 bis 3 cm Länge, können aber auch 5 bis 6 cm lang werden. Die negativen Büschel dagegen (Fig. 31) sitzen auf einem feinen Lichtpunkte auf und sind von so zarter Structur, dass die einzelnen Strahlen nicht unterschieden werden können. Der Lichtpunkt ist von einer sehr zarten Lichthülle umgeben, welche sich wie ein Blütenkelch zum Büschel erweitert. Die Oeffnung dieser Büschel ist viel kleiner als die der positiven, etwas über 45° , und die Länge des gesammten Büschels bleibt stets unter einem Centimeter.

Oftmals nimmt man von einem fernen Gewitter nur den Blitz wahr, ohne den Donner zu hören, und es ist diese Erscheinung als Wetterleuchten bekannt. Die Ursache dafür, dass der Blitz so viel weiter gesehen, als der Donner gehört wird, liegt in den Gesetzen der Schallfortpflanzung. Dieselbe geschieht nämlich mit einer Geschwindigkeit,

welche zwar vom Luftdruck unabhängig ist, aber mit der Temperatur und mit dem Dampfgehalt der Luft wächst. Da nun die unteren Luft-

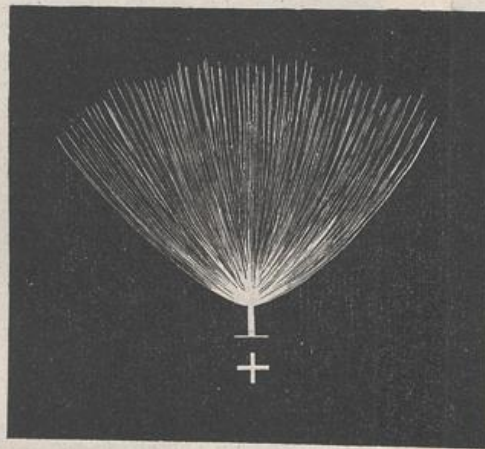


Fig. 30. Positives St. Elmsfeuer.

Fig. 31. Negatives St. Elmsfeuer.

schichten in der Regel wärmer und feuchter als die oberen sind, und also die Schallwellen unten rascher als oben fortschreiten, so ist ihr Weg demgemäss gekrümmt. Denn wie die Lichtstrahlen, so werden auch die Schallstrahlen beim Uebergang zwischen verschiedenen Schichten gebrochen, und solche Schallstrahlen, die von der Blitzbahn als dem Ursprungsorte des Donners schräg nach unten sich bewegen, erleiden beim Eintritt in die wärmere und feuchtere Luft der unteren Schichten eine Ablenkung, welche „vom Einfallslothe weg“, d. h. nach oben gerichtet ist. Die Schallstrahlen sind demnach derartig gekrümmt, dass sie ihre hohle Seite nach oben und die convexe Seite nach unten richten, umgekehrt also, wie die durch atmosphärische Strahlenbrechung abgelenkten Lichtstrahlen (S. 57). Denken wir uns nun (Fig. 32) die sämtlichen vom Orte des Blitzes ausgehenden Schallstrahlen, soweit sie in einer senkrechten Ebene liegen, gezeichnet, so sind sie nach oben hin gekrümmt; nur ein Theil derselben schneidet den Boden und wird von diesem schräg nach aufwärts zurückgeworfen, die übrigen Schallstrahlen treffen den Boden überhaupt nicht, sondern verlaufen lediglich in der

Luft. Zwischen den beiden Schaaren der Schallstrahlen, die den Boden erreichen oder nicht, liegt als Grenze derjenige, welcher den Boden eben noch streifend berührt, und dessen zweiter, schräg aufwärts gerichteter Theil die obere Grenze des in der Zeichnung schraffirten „Schallschattens“ bildet, d. h. desjenigen Raumes, in welchen die Schallwellen überhaupt nicht eindringen, und in welchem man also den Donner nicht hören kann. Diese von Mohn (163) herrührende Ueberlegung wurde ursprünglich gelegentlich einer Untersuchung über die Hörweite von akustischen Nebelsignalen angestellt und erklärte zugleich die mitunter gemachte Wahrnehmung, dass dergleichen Signale bei Nacht weiter als bei Tage hörbar

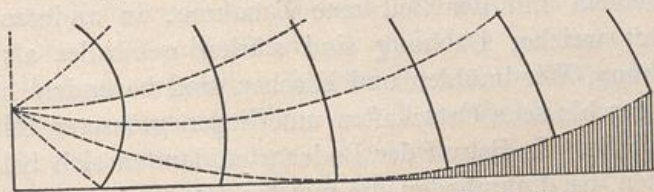


Fig. 32. Weg der Schallstrahlen beim Donner.

zu sein schienen. Denn sobald Nachts Temperaturumkehr (S. 23) eintritt, sind die Schallstrahlen in den unteren Luftschichten nach abwärts gekrümmt und müssen, soweit sie die abgekühlte Luftschicht überhaupt erreichen, sämmtlich auch bis zum Boden gelangen.

Dass Wetterleuchten nur nach Dunkelwerden gesehen wird, und dass es um so leichter und daher auch um so häufiger sichtbar ist, je dunkler die Nächte sind, bedarf wohl nicht der Erwähnung. Aber wenn man demgemäss die Wahrnehmung macht, dass Wetterleuchten in den dunklen Nächten der Neumondszeit häufiger zur Beobachtung kommt, als in den hellen Vollmondsnächten, so wird man hieraus keineswegs den Schluss ziehen dürfen, dass auch bei Neumond häufiger als bei Vollmond Wetterleuchten stattfindet.

Zum Schutz gegen Blitzschäden dient der Blitzableiter, d. i. eine am höchsten Theile des zu schützenden Gebäudes angebrachte aufrechte Metallstange, welche durch metallische Leitung sowohl mit dem Boden wie auch mit allen grösseren oder weit ausgedehnten Metallmassen des Gebäudes verbunden sein muss. Die Stange leitet den Ausgleich zwischen der in den Gewitterwolken angesammelten Elektrizität und dem Erdboden ein und muss deshalb in leitender Verbindung mit dem Boden stehen. Man erwirkt dies durch Herabführen eines genügend starken Drahtes von der Auffangstange bis zu einem zusammengerollten Blech oder Drahtnetz, welches tief genug vergraben ist, um stets in feuchtem (d. h. leitendem) Erdreich zu liegen. Die im Hause vorhandenen Metallmassen (Bedachungen, Gas- und Wasserleitung, grosse Träger u. s. w.) können auch ihrerseits, wenn sie isolirt sind, durch Wolkenelektrizität in den Zustand elektrischer Vertheilung gebracht werden und ein Ueberspringen des Blitzes aus der Wolke oder aus dem Blitzableiter herbeiführen. Sogar die an sich schlecht leitende Dachfläche wird bei Be-

netzung durch Regen zu einem Leiter. Um solcher Gefahr zu begegnen, ist es zweckmässig, alle dergleichen leitenden Massen mit dem Blizableiter zu verbinden und dadurch zur Erde abzuleiten. Ausgedehnte Gebäude pflegt man durch mehrere Auffangstangen zu schützen. Zuweilen hat man auch nach dem von Melsens (164) empfohlenen Verfahren das zu schützende Gebäude in eine Art metallenen Käfigs eingehüllt, bestehend aus zahlreichen niedrigen Auffangstangen oder Spitzen, von welchen viele Ableitungen geringen Querschnitts zur Erde führen.

Die Blitzgefahr hat nach Hellmann (165) die gleiche jährliche und tägliche Periode wie die Gewitterhäufigkeit (s. S. 110); sie zeigt in einzelnen Gegenden mit der Zeit eine Zunahme, in anderen Abnahme. Gebäude mit weicher Dachung sind stärker gefährdet als solche mit harter Dachung, Windmühlen und Kirchen sind besonders hoher Gefahr ausgesetzt, geschlossene Ortschaften unterliegen grösserer Blitzgefahr als einzelne Gehöfte. In Betreff der Bodenarten fanden sich bei Kalkboden die geringsten, bei Lehm Boden die meisten Blitzschläge; ferner traf der Blitz am seltensten Buchen, am häufigsten Eichen, ausserdem besonders leicht kranke oder besonders freistehende oder besonders hohe Bäume.

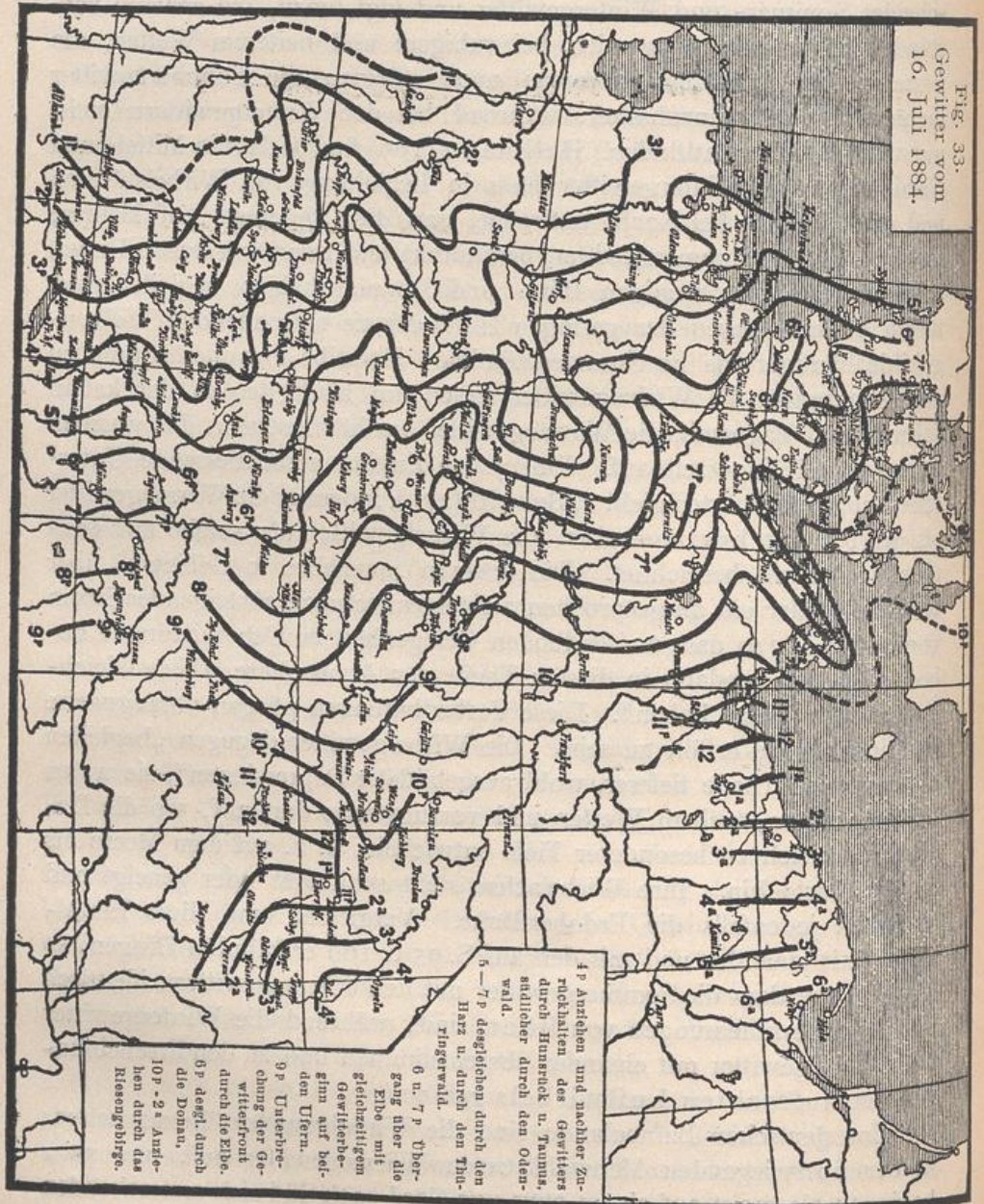
Für die bei Blitzentladungen wirksam gewesene Stromstärke berechnet Pockels (166) aus der Magnetisirung von Basaltstücken, die der Blitzbahn benachbart waren, eine obere Grenze von etwa 20 000 Ampère.

Ueber das Fortschreiten der Gewitter vermochte man Aufschluss zu erlangen durch Benutzung von gleichzeitig an vielen Stationen ausgeführten Beobachtungen. Es sind nämlich zahlreiche „Gewitterstationen“ über das Land vertheilt (in Preussen etwa 1500), deren Beobachter den jedesmaligen Ausbruch eines Gewitters sammt allen damit verbundenen Witterungserscheinungen sorgfältig verfolgen und mit genauen Zeitangaben schriftlich der Centralanstalt (für Preussen dem Königlichen Meteorologischen Institut in Berlin) melden. Durch Verwendung vorgedruckter Postkarten wird das Verfahren recht einfach gestaltet, so dass man ohne erhebliche Belastung der Beobachter ein ausführliches Beobachtungsmaterial über jedes Gewitter an der Centralstelle gewinnt. Mit besonderer Sorgfalt wird die Zeit des ersten Donners beobachtet und notirt, sowie die Zugrichtung des Gewitters, denn diese Angaben dienen zur Festlegung des Weges, welchen das Gewitter nahm. Man trägt zu diesem Zwecke die genannten Einzelheiten in eine Landkarte ein, welche die Stationsorte enthält, und zieht alsdann die als Isobronten bezeichneten Linien des gleichzeitigen ersten Donners, indem man diejenigen Punkte der Karte durch je eine Linie verbindet, in welchen der durch den ersten Donner gekennzeichnete Ausbruch des Gewitters gleichzeitig stattfand. Werden für jede volle Stundenzzeit solche Isobronten gezogen, so bezeichnen sie die jeweilige vordere Grenze des vom Gewitter gerade eingenommenen Gebietes und lassen dessen Fortschreiten nach Richtung und Geschwindigkeit deutlich erkennen.

Indem man so die Lebensgeschichte der einzelnen Gewitter verfolgt, sind zwei Hauptformen derselben zu unterscheiden, welche man nach Mohn (167) als Wärmegewitter und Wirbelgewitter bezeichnen kann. Es ist merkwürdig, wie dieser Gegensatz von verschiedenen Forschern gleichmässig bemerkt und dargestellt wurde. Schon Kämtz (168) unterscheidet Sommer- und Wintergewitter und fügt hinzu, die ersteren entstanden in unseren Gegenden bei ruhigem und heiterem Wetter, die letzteren bei lebhaften Stürmen; auch pflegten die Sommergewitter mehrere Stunden anzuhalten, während bei den Wintergewittern meist nur wenige Blitze stattfinden. Hellmann (169) findet, dass in Mittel- und Nordeuropa die Wintergewitter stets in Begleitung von Wirbelstürmen und mit Vorliebe bei Nacht auftreten, und dass sie meist auf kleinere Gebiete, als die Sommergewitter, beschränkt und zwar von kurzer Dauer, sowie von einigen wenigen Blitz- und Donnerschlägen begleitet sind, welche erstere wegen der geringen Höhe der sie entsendenden Wolkengebilde häufiger als im Sommer zünden. Derselbe Forscher kommt zu dem Ergebniss: die Wirbelgewitter treten am häufigsten in der kalten Jahres- und Tageszeit, die Wärmegewitter am häufigsten in der warmen Jahres- und Tageszeit auf. Eine jeden Zweifel ausschliessende Unterscheidung beider Arten giebt v. Bezold (170), indem er die Wärmegewitter als Wirbel mit horizontaler, die Wirbelgewitter als solche mit verticaler Achse bezeichnet. Die ersteren „entstehen in Gebieten, über welchen weder ein ausgesprochen aufsteigender noch absteigender Strom vorhanden ist, so dass am Erdboden Gelegenheit zu Ueberhitzungen geboten ist, die alsdann in diesem Theile der Atmosphäre labiles Gleichgewicht zur Folge haben“. Diese Vorbedingungen pflegen vorzugsweise im Binnenlande erfüllt zu sein. Die Wirbelgewitter dagegen „begleiten die centralen Theile tieferer, wohl ausgebildeter Depressionen“, sie treten bei unruhigem, trübem Wetter und vorzugsweise dort auf, wo die Depressionen sich zu besonderer Tiefe entwickeln, d. h. auf dem Meere bis an die Küste hin. Ihre Wirbelachse steht senkrecht oder geneigt und schneidet jedenfalls die Erdoberfläche. Vergleicht man diese Einzelheiten mit einander und mit den auf S. 95 u. 100 erwähnten Dingen, so leuchtet ein, dass die Sommergewitter mit den Wärmegewittern identisch und Begleiterscheinungen von Böen sind, während die Wintergewitter und Wirbelgewitter mit einander übereinstimmen und zu den Erscheinungen des aufrechten Luftwirbels gehören.

Im deutschen Binnenlande sind die Wirbelgewitter überaus selten; in der überwiegenden Mehrzahl treten Wärmegewitter auf, und zwar beginnen sie meist auf einem etwa von Nord nach Süd sich erstreckenden Streifen, weil auf einem solchen die Sonnenstrahlung gleichzeitig wirkt. Schreitet dieser Gewitterstreifen dann gegen Osten fort, wie es in der Mehrzahl der Fälle geschieht, so erscheint er entweder als zusammenhängendes „Frontgewitter“ [v. Bezold (170)] oder besteht aus einer Reihe einzelner und in parallelen Bahnen ziehender „erratischer Ge-

witter“ (Fron). Welches von beiden stattfindet, hängt zum Theil von der Form des Landes, sowie von der Bodengestalt ab. So begünstigen z. B. Terrainabschnitte, die sich, wie der Schwarzwald und die Vogesen, ungefähr in nordsüdlicher Richtung erstrecken, die Entstehung von Frontgewittern,



welche in der That viel leichter im Innern Deutschlands und Frankreichs zu Stande kommen als in Skandinavien oder Italien, wo zur Entfaltung weit geringere Flächen vorhanden sind. Als Beispiel eines Frontgewitters kann dasjenige vom 16. Juli 1884 dienen, dessen Isobronten

in Fig. 33 dargestellt sind. Um 1 Uhr Mittags entstand es am Rhein und schritt ostwärts fort an der Rückseite eines Streifens niederen Druckes, der seinerseits einem Streifen höherer Temperatur folgte. Am Abend war dies Gewitter etwa bis zu der Linie Stettin - Passau gelangt und fand in Folge der inzwischen eingetretenen Abkühlung nicht mehr die Vorbedingungen zum weiteren Fortschreiten, sondern erlosch auf dem grössten Theile der Frontlänge; nur zwei schmale Fronten an der Ostsee und in Schlesien schritten noch bis zum Morgen fort. Jener Tag gehörte zu einer gewitterreichen Woche, bei deren Untersuchung ich (171) mehrere bemerkenswerthe Einzelheiten wahrnehmen konnte. So war von Interesse die Anziehung, welche auf die Gewitter von den Gebirgen ausgeübt zu werden schien. Lag das Gebirge vor der Gewitterfront, so erlangte diese an der zunächst gelegenen Stelle eine Ausbiegung nach vorn, entsprechend einem Vorseilen gegen das Gebirge; lag dies aber hinter der Front, so war die Ausbiegung nach rückwärts gerichtet und drückte ein nach Ueberschreiten des Gebirges verzögertes Fortschreiten aus. In Fig. 33 kann man solche Krümmungen der Isobronten am Hunsrück, Taunus, Odenwald, Harz, Thüringerwald und Riesengebirge erkennen. Aehnliches schildert Kämtz (172) mit den Worten: „Nicht selten findet man, dass ein Gewitter, welches sich in einem Thale auf einer Ebene bildete und von dem herrschenden Winde gegen einen Bergkamm getrieben wird, hier plötzlich stehen bleibt, dann nach einer ganz anderen Richtung fortzieht oder auch sich mehrfach theilt, worauf die einzelnen Stücke sich nach verschiedenen Richtungen bewegen.“ Eine Erklärung giebt Vettin (173) durch die Ueberlegung, dass die Gebirge hindernd auf die untere Luftströmung einwirken und also die zur Gewitterböe hinfließenden Luftmassen verlangsamen müssen. Auf der vom Gebirge abgewandten Seite der Böe strömt die Luft ungehindert herbei und überwiegt demnach den vom Gebirge kommenden Wind derartig, dass das Gewitter in Richtung dieser überwiegenden Strömung, also gegen das Gebirge hin fortgetrieben wird. Ferner erwiesen sich die Flüsse als Hindernisse für die vorschreitende Gewitterfront. In Fig. 33 zeigt sich dies an der Elbe oberhalb Torgau, sowie namentlich an der Donau. Hiermit stimmt die vielfach verbreitete Meinung überein, dass Flüsse von den Gewittern nicht leicht überschritten werden. Bedenkt man, dass in der warmen Jahreszeit die Flüsse kälter sind als der feste Boden und also kühlere Streifen in wärmerer Umgebung darstellen, so ergiebt sich das Vorhandensein eines absteigenden Luftstromes über dem Flusse sowie entsprechender Luftbewegung, die am Boden von beiden Ufern weg und in einigem Abstände nach aufwärts führt, um oben von beiden Seiten her gegen den absteigenden Strom zurückzukehren. Hat der Fluss, wie es in Deutschland ja meistens zutrifft, ungefähr nordsüdliche Richtung und ist er also der Gewitterböe etwa parallel, so trifft diese im Heranziehen zuerst den äusseren aufsteigenden Strom, der sie verstärkt, dann aber den entgegenschliessenden Unterwind und den absteigenden Strom, durch

welche das weitere Fortschreiten des Gewitters verzögert oder auch ganz gehindert wird, je nachdem der aufsteigende Strom der Böe oder der absteigende des Flusses höher hinaufreicht. Es scheint auch vorzukommen, dass der untere Theil eines Gewitters durch den Fluss am Weiterschreiten gehindert wird, während der obere Theil in der Höhe darüber hinwegzieht und sich nach Ueberschreiten des Flusses wieder zum Boden hin ausdehnt, vielleicht angezogen durch den aufsteigenden Strom des jenseitigen Ufers. Ein solcher Fall lag wahrscheinlich vor bei einem am 8. Juni 1900 in der Nähe von Berlin beobachteten Gewitter (174), welches aus Westsüdwest heranzog und dessen Anfang (erster Donner) auf dem linken Ufer der Oder zwischen 10 $\frac{1}{2}$ und 11 Uhr Vormittags, auf dem rechten Ufer meist zwischen 12 und 1 Uhr bemerkt wurde, während auf einem von der Oder durchflossenen breiten Streifen zwar die sonstigen Kennzeichen der Böe, aber keine Gewittererscheinungen zur Beobachtung kamen. Nur die Insassen eines Luftballons, welcher zufällig in 700 m Höhe über jenem gewitterfreien Streifen schwebte, nahmen mehrmaligen Donner und eine elektrische Entladung wahr, so dass also in der Höhe der obere Theil der Gewitterböe mit unverminderter Stärke über den Fluss gegangen zu sein und sich dann erst wieder nach abwärts ausgebreitet zu haben scheint.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Gewitter fortschreiten, ist sehr verschieden; starke Gewitter pflegen rascher als schwache über das Land zu ziehen, und durchschnittlich beträgt in Nordeuropa die Fortschrittggeschwindigkeit der Gewitter gegen 40 km in der Stunde oder etwa 11 m in der Secunde, ist also ungefähr gleich der Geschwindigkeit des als „frisch“ bezeichneten Windes. Im Winter scheinen die Gewitter rascher als im Sommer fortzuschreiten.

Die Zugrichtung ist in Deutschland vorzugsweise gegen Ost oder Nordost gerichtet, in Norditalien gegen Ost, in Mittel- und Süditalien gegen Süd oder Südost, in Ungarn gegen Süd, in Holland, Schweden und Norwegen gegen Nordost.

Der tägliche Gang der Gewitterhäufigkeit zeigt in unseren Gegenden ein Maximum zur wärmsten Tageszeit und ausserdem ein zweites bald nach Mitternacht. Untersucht man die Häufigkeitszahlen nach Jahreszeiten gesondert, so ergibt sich, dass das zweite, nächtliche Maximum hauptsächlich der kalten Jahreszeit angehört, und dass, wie bereits oben (S. 107) mitgetheilt wurde, die Wintergewitter vorzugsweise Nachts auftreten. Der jährliche Gang der Gewitterhäufigkeit hat in Deutschland ein sehr deutliches Maximum im Sommer, welches vielfach in zwei durch ein kleines Minimum getrennte Theile gespalten ist.

Ueber den Ursprung der Gewitter fehlt es noch an einer alle bisherigen Erfahrungen umfassenden Erklärung. Gesichert scheint zunächst nur die Thatsache, dass die Erde eine negativ elektrische Ladung hat, und dass also die ausserhalb des Bodens liegenden Punkte positiv elektrisch im Vergleiche zum Erdboden erscheinen. Um dergleichen zu

untersuchen, benutzt man elektrische „Collectoren“, d. h. Vorrichtungen, die sich stets mit der in ihrer unmittelbaren Umgebung vorhandenen elektrischen Spannung laden. Diese Eigenschaft besitzen Flammen, glimmende Lunten u. dergl., ferner Wasserstrahlen an derjenigen Stelle, wo sie sich in Tropfen auflösen. Verbindet man einen solchen Apparat mit einem zur Wahrnehmung und Messung der elektrischen Spannung dienenden Elektroskop, so kann aus dessen Angaben die am Orte des Collectors herrschende und mit dessen Fortbewegung sich ändernde Spannung untersucht werden. Schon Erman (175) zeigte 1803, dass die in solcher Weise gemessene Spannung bei klarem, ruhigem Wetter in der Luft positiv gegen den Boden erscheint, und um so stärker, je höher der Collector gehoben wird, während dessen horizontale Bewegung keine Aenderung herbeiführte. Schloss man den Collector durch eine Glashülle von der äusseren Luft ab, so verliefen die Versuche in ganz unveränderter Weise. Dies und die Thatsache, dass Bewegung der Luft keinen erheblichen Einfluss auf die Elektricitätsvertheilung zu äussern schien, lassen erkennen, dass man unter „Lufterlektricität“ nicht sowohl eine der Luft ertheilte elektrische Ladung zu verstehen habe, als vielmehr die inducirende Fernwirkung der im Erdboden, in den Wolken u. s. w. enthaltenen Elektricität. Eine Bestätigung dieser Auffassung liefern namentlich die zahlreichen von F. Exner (176) angestellten Messungen, bei welchen das von ihm construirte und überaus zweckmässige Elektroskop diente. Dasselbe enthält an einem theilweise metallischen Gehäuse einen isolirt hineingeführten Metallstab, von welchem innen zwei dünne Aluminiumblättchen herabhängen, während der Stab an seinem oberen (äusseren) Ende einen Metallknopf trägt. Verbindet man den Knopf mit dem Collector und das Gehäuse mit der Erde, so ist die Divergenz der Blättchen ein Maass für die Spannungsdifferenz zwischen dem Orte des Collectors und dem Erdboden. Mit Hülfe dieses für den Transport hergerichteten Instrumentes sind von Exner (176, 177) und anderen Beobachtern ausgedehnte Untersuchungen über die Vertheilung der lufterlektrischen Spannung angestellt. Zur Darstellung der Ergebnisse bedient man sich der „Flächen gleicher Spannung“, die auch als lufterlektrische Niveauflächen oder Aequipotentialflächen bezeichnet werden, indem man die Punkte gleicher Spannung durch Flächen verbunden denkt. Dieselben bilden über dem ebenen Erdboden horizontale Ebenen, deren obere bei ruhigem, hellem Wetter stets höhere positive (oder, was dasselbe ist, geringere negative) Spannung enthalten als die unteren. Unebenheiten des Bodens, in welchen natürlich die gleiche Spannung wie im übrigen Erdboden herrscht, bewirken entsprechende Krümmungen der darüber liegenden Niveauflächen, jedoch so, dass die Wirkung der unregelmässigen Bodenform nur bis zu einer begrenzten Höhe hinaufreicht. Ein Berg z. B. erzeugt zwar eine Auftreibung in den unteren Niveauflächen, aber von einer nach oben hin abnehmenden Stärke, und daraus ergiebt sich, dass über dem Gipfel des Berges die Niveauflächen näher an einander liegen

als in gleicher Höhe über dem ebenen Boden. Ebenso liegen umgekehrt über einer Vertiefung die Niveaulächen weniger dicht an einander als daneben. In Fig. 34 ist nach Exner's (177) Messungen die Form der Niveaulächen an einem Hause dargestellt. Diese Erwägung führt zu dem wichtigen Schlusse, dass Beobachtungen auf Bergen keineswegs geeignet sind, die elektrischen Verhältnisse der höheren Luftschichten zu ergründen.

Zur Bezeichnung und Messung der verticalen Vertheilung der elektrischen Spannung dient ferner der Begriff des Spannungs- oder Potentialgefälles. So bezeichnet man die senkrecht zu den Niveaulächen gemessene Aenderung der Spannung, berechnet für die Entfernung eines Meters. Es ist also dies Gefälle unter gewöhnlichen

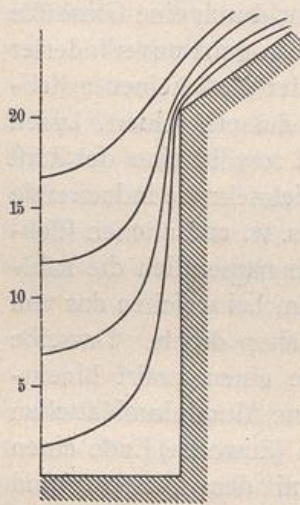


Fig. 34. Äquipotentialflächen an einem Hause.

Verhältnissen positiv und über einer Erhöhung des Bodens grösser, über einer Vertiefung kleiner, als in gleicher Höhe über ebenem Boden. Mit Rücksicht auf diese Umstände hat man sich bemüht, Messungen des atmosphärischen Potentialgefälles zu erlangen, deren Verlauf nicht durch unregelmässige Bodenform beeinflusst werden konnte, und man fand ein geeignetes und verhältnissmässig leicht ausführbares Verfahren, indem man die Messungen vom Korbe des Luftballons aus vornahm. Da die Benutzung von Flammen durch die Gasfüllung des Ballons verboten schien, bediente man sich der Wassercollectoren, indem man aus zwei isolirt angebrachten Gefässen Schnüre herabhängend und an diesen Wasser herunterlaufen liess. Das untere Schnurende, an welchem das Wasser sich in Tropfen auflöst, ist diejenige Stelle, deren Spannung sich dem Wasser und dem Gefässe mittheilt, und wenn man den Schnüren verschiedene Länge gab und die Gefässe mit dem Knopfe resp. mit dem Gehäuse des isolirt aufgestellten Elektroskops verband, zeigte dessen Ausschlag den Spannungsunterschied der beiden Stellen, an welchen die Schnurenden sich befanden. Solche Messungen wurden auf Exner's Veranlassung von Lecher (177) und von Tuma (178) ausgeführt, ferner auf André's (179) Veranlassung von Le Cadet (180), und gelegentlich der Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten auf meine Veranlassung von Baschin (181) und von mir (182).

Diese und viele andere am Boden und in der Höhe unternommenen Beobachtungen lehrten, dass unter normalen Verhältnissen, d. h. bei ruhigem, hellem Wetter, das Potentialgefälle nach oben positiv ist. Ein jährlicher Gang liess sich erkennen, dessen Maximum im Winter, Minimum im Sommer liegt, ferner ein täglicher Gang, welcher vielfach ein Maximum am Abend und ein zweites, kleineres am Morgen

zeigt, jedoch an zahlreichen Orten auch andere Form hat. Mit der absoluten Luftfeuchtigkeit scheint das Potentialgefälle in derartiger Beziehung zu stehen, dass beide Grössen sich in entgegengesetztem Sinne ändern. Und nach oben hin nimmt der Werth des Gefälles derartig ab, dass dasselbe am Boden einige Hundert Volt, in etwa 3000 m Höhe höchstens 10 bis 20 Volt auf je einen Meter ausmacht. Abweichungen hiervon und oftmals recht unregelmässige Vertheilung der Spannung finden sich vor, sobald Wolken oder gar Niederschläge auftreten. Wolken pflegen wie negativ elektrisirte Körper zu wirken, das Vorzeichen der Niederschlags Elektrizität ist vielfach wechselnd.

Ist aus den Beobachtungen der normalen sog. „Schönwetter-Elektricität“ eine negativ elektrische Ladung des Erdbodens zu folgern, so genügt diese Annahme doch nicht zur Erklärung aller Wahrnehmungen. Wäre nur die Ladung des Bodens wirksam, so könnte das Potentialgefälle sich innerhalb der bei den Luftfahrten erreichbaren Höhe nicht merklich ändern, denn die Wirkung der elektrisch geladenen Erdkugel auf einen äusseren Punkt kommt derjenigen gleich, welche die gleiche und im Erdmittelpunkte befindliche Elektrizitätsmenge ausüben würde, und da die Steighöhe des Ballons sehr gering im Vergleiche zum Erdradius ist, der Beobachter also beim Emporsteigen seinen Abstand vom Erdmittelpunkte nur um einen ganz geringen Betrag vergrössert, so kann auch das Potentialgefälle hierbei keine erhebliche Abnahme zeigen. Wäre ferner in der Luft negativ elektrische Ladung vorhanden, so würde der im Ballon aufsteigende Beobachter eine zunehmende Elektrizitätsmenge unter sich haben und müsste das nach oben hin positive Potentialgefälle wachsen sehen. Da nun aber bei normaler Elektrizitätsvertheilung das Gefälle nach oben hin abnimmt, so muss in solchem Falle die Luft positive Elektrizität enthalten.

Von den in neuerer Zeit aufgestellten Theorien der Lufterlektricität und Gewitterbildung seien einige hier kurz erwähnt. Sohncke (183) nahm an, dass die Reibung der die tieferen Wolken bildenden Wassertropfen mit den Eistheilchen der höheren Wolken die wesentliche Quelle der Gewitterelektricität sei. Exner (184) schrieb dem vom Boden aufsteigenden Wasserdampf die Eigenschaft zu, negative Elektrizität mit sich in die Atmosphäre hinaufzuführen. Arrhenius (185) vermuthete, dass durch die im Sonnenlicht enthaltene ultraviolette Strahlung die Luft leitend gemacht würde, und dass alsdann negative Elektrizität aus dem Boden zu den Wolken gelangen könne. Gegen diese Hypothesen sind aber erhebliche Bedenken aus dem seither gewonnenen und oben angeführten Erfahrungsmaterial hergeleitet worden. Die beobachteten Erscheinungen der Niederschlags Elektrizität können vielleicht durch eine von Elster und Geitel (186) herrührende Darstellung erklärt werden, welche an den Vorgang der Regenbildung anknüpft. Von den eine gewisse Grösse überschreitenden Regentropfen werden im Fallen durch die Reibung der Luft kleine Tröpfchen abgelöst, und da diese sich namentlich vom oberen

Theile der grossen Tropfen abtrennen, werden durch die Influenzwirkung des negativ elektrischen Erdbodens die herabstürzenden grossen Tropfen positiv, die langsamer sinkenden kleinen Tröpfchen negativ elektrisch. So können die beobachteten wechselnden Ladungen des am Boden anlangenden Niederschlages leicht zu Stande kommen.

In neuester Zeit haben Elster und Geitel (187) versucht, die luftelektrischen und Gewittererscheinungen auf das Vorhandensein sogenannter Ionen in der Luft zurückzuführen. Darunter versteht man nach Giese (188) Atome oder Atomgruppen, welche für sich keine geschlossenen Molecüle bilden, einzelne Stickstoff- und Sauerstoffatome, die sich unter Einfluss elektrischer Kräfte bewegen und elektrische Ladungen mit sich führen können. „Ionisirte Luft“ ist demnach solche Luft, deren Molecüle theilweise in Ionen zerfallen sind, und es wird angenommen, dass durch einen, wahrscheinlich den höheren atmosphärischen Schichten angehörenden Vorgang die Luft der freien Atmosphäre zum Theil, wenn auch in den unteren Schichten nur in geringem Grade, ionisirt sei. Durch Schuster (189), J. J. Thomson (190), Zeleny (191) u. A. wurde gezeigt, dass unter Einwirkung derselben elektrischen Kräfte die Geschwindigkeit eines negativen Ions wesentlich grösser ist, als die eines positiven. Fliesst nun ionisirte Luft über einen isolirten Leiter, so wird ein positives und ein negatives Ion, die sich in gleichem Abstände von dessen Oberfläche befinden, vermöge der durch sie bewirkten elektrischen Vertheilung zwar denselben Antrieb gegen den Leiter hin erfahren, das negative wird aber rascher an den Leiter herankommen und kann seine Ladung an diesen schon abgegeben haben, während das langsamer wandernde positive durch den Luftstrom so weit fortgetragen ist, dass es den Leiter überhaupt nicht mehr erreicht. So kann sich der von ionisirter Luft bestrichene Leiter von selbst negativ laden, bis eben diese Ladung den Unterschied der Ionenbeweglichkeit durch die stärkere Anziehung der positiven Ionen ausgleicht. Ist die den Erdkörper umgebende Luft ionisirt, so muss die Erde sich also negativ laden, und in den unteren Luftschichten wird ein Ueberschuss von positiven Ionen vorhanden sein. Wenn hiernach die normalen Verhältnisse der Lufterlektricität, insbesondere die negative Ladung des Bodens und das positive, nach oben abnehmende Potentialgefälle verständlich erscheinen, so kann auch die Elektricität der Niederschläge und die Gewitterelektricität auf das Verhalten der Ionen zurückgeführt werden. Es ist nämlich von C. T. R. Wilson (192) neuerdings beobachtet worden, dass die Condensation von Wasserdampf, welche durch Ausdehnung und dynamische Abkühlung dampfhaltiger Luft erzeugt wird, verschieden verläuft je nach der Anwesenheit vorwiegend positiver oder vorwiegend negativer Ionen. Sind die vorhandenen Ionen meistens positiv, so beginnt die Condensation erst, wenn die Luft auf beinahe vier Drittel ihres anfänglichen Volumens ausgedehnt ist sind die Ionen meistens negativ, so genügt schon die Ausdehnung auf fünf Viertel des Anfangsvolumens, um Tröpfchen ent-

stehen zu lassen. Die zum Anfange der Condensation erforderliche Uebersättigung ist bei vorwiegend positiven Ionen sechsfach, bei vorwiegend negativen Ionen vierfach. Wenn nun bei der Niederschlagsbildung der aufsteigende Luftstrom zur Condensation führt, so beginnt diese an den negativen Ionen und erzeugt in der Wolke zuerst ein Gemisch von negativ geladenen Tropfen mit Luft, welche freie positive Ionen enthält. Die Tropfen fallen mit ihrer negativen Ladung heraus, und bei fortschreitender Condensation wirken auch die positiven Ionen als Condensationskerne, so dass auch ihre Ladung mit den Niederschlägen herabgeht. Diese Erwägungen würden die Gewitterbildung zu erklären um so eher geeignet sein, falls sich aus künftigen Beobachtungen ergäbe, dass die Ionisirung der Luft mit der Höhe zunimmt.

Hiernach sollen nun die grossen, aufrechten Luftwirbel beschrieben werden, welche die barometrischen Minima und Maxima bilden. Man bezeichnet als barometrisches Minimum oder Depression eine Gegend, in welcher der Luftdruck kleiner ist als ringsum. Eine solche Druckvertheilung kann entstehen durch örtliche Erwärmung, durch Condensation, wobei ausser der frei werdenden latenten Wärme auch die Verminderung des Dampfdruckes um den herausfallenden Niederschlag den gesammten Luftdruck verringert, sowie durch Bewegung der Luft, weil eine bewegte Luft-(oder Wasser-)Masse geringeren Druck nach allen Seiten ausübt als eine ruhende. Indem nun am Boden der Druck abnimmt und Luft von allen Seiten herbeiströmt, steigt in der Höhe über derselben Stelle der Druck und bewirkt oben ein Abfliessen der Luft nach allen Seiten. Um dies zu verstehen, denken wir uns ein durch eine aufrechte Zwischenwand in zwei Hälften getheiltes Gefäss, dessen einer Theil Wasser, der andere Oel enthält. Die Flüssigkeiten sollen gleich hoch stehen, und darum ist am Boden des Wassers der Druck grösser als am Boden des Oeles. Wird nun die Scheidewand plötzlich entfernt, so strömt unten das Wasser nach der Seite des Oeles herüber, während oben das Oel über die tiefer sinkende Oberfläche des Wassers sich verbreitet. Und diese Bewegung, welche unten vom Wasser zum Oel und oben umgekehrt gerichtet ist, dauert so lange, bis keinerlei Druckunterschied in gleicher Höhe mehr vorhanden ist, d. h. bis das Wasser den unteren Theil des Kastens ausfüllt und das Oel darüber steht. Stellt man sich vor, dass inmitten eines mit Wasser gefüllten Kastens ein cylindrisches Gefäss mit Oel steht, und dass dieser Cylindermantel plötzlich entfernt wird, so fliesst unten von allen Seiten das Wasser herbei, während das Oel emporsteigt und sich oben ausbreitet. Solche Bewegung findet bei einem barometrischen Minimum statt.

Und stellt man sich umgekehrt inmitten eines mit Oel gefüllten Kastens einen Cylinder vor, der Wasser enthält und dessen Wand plötzlich fortgenommen wird, so folgt, dass unten aus dem Cylinder heraus, nämlich vom hohen Drucke zum niederen, oben dagegen von allen

Seiten heran die Flüssigkeit strömt, bis das Wasser unter dem Oel den Boden des ganzen Gefässes bedeckt. Dieser letztgenannte Vorgang veranschaulicht die Bewegung in der Nähe des barometrischen Maximums, d. h. einer Gegend, deren Luftdruck höher ist als ringsherum. Solche Druckvertheilung kann zu Stande kommen durch Abkühlung, durch Gefrieren von Regentropfen mit Wärmebindung, und durch Bewegungsvorgänge. Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich, enthält also das barometrische Minimum einen aufsteigenden Strom und Winde, welche am Boden Luft von allen Seiten herbeiführen, während oben die Luft aus der Mitte [heraus abfließt; das Maximum dagegen hat einen absteigenden Strom und dazu Winde, die unten von der Mitte hinweg, oben nach der Mitte] hin führen. Mit Rücksicht auf die Ablenkung der Windbahnen durch Erddrehung (S. 85) ergibt sich hieraus ein Windsystem mit folgenden Einzelheiten. Auf der nördlichen Erdhälfte, wo die Ablenkung nach der rechten Seite hin stattfindet, würde ohne

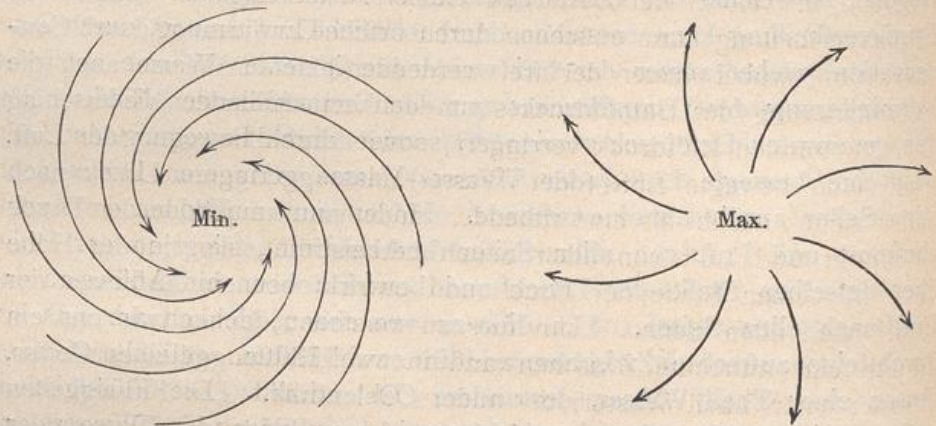


Fig. 35. Barometrisches Minimum und Maximum der nördlichen Erdhälfte.

Einfluss der Erddrehung am Boden der Wind von allen Seiten geradlinig und radial zum Minimum hinströmen. Die Ablenkung nach rechts erzeugt Windbahnen, welche spiralförmig nach innen führen und derartig gekrümmt sind, dass der Wind dem in der Mitte befindlichen niederen Druck seine linke Seite zuwendet und also eine dem Uhrzeiger entgegengesetzte Drehung um die Mitte ausführt. Diese Drehungsrichtung bezeichnet man als cyclonal, und das barometrische Minimum wird daher auch *Cyklone* genannt. Umgekehrt würde aus dem Maximum ohne Erddrehung der Wind am Boden nach allen Seiten herausströmen und fließt in Wirklichkeit vermöge der Rechtsablenkung spiralförmig um das Maximum herum, wobei die Windbahnen ihre rechte Seite dem innen befindlichen hohen Drucke zuwenden und denselben im Sinne des Uhrzeigers umkreisen. Man nennt diese Drehungsrichtung *anticyclonal* und bezeichnet das barometrische Maximum auch als *Anticyklone*. Auf der südlichen Erdhälfte wirkt die Erddrehung nach links ablenkend, darum ist der Drehungssinn umgekehrt

und der Wind weht um das barometrische Minimum im Uhrzeigersinne, um das Maximum umgekehrt. In Fig. 35 und 36 sind diese Windbahnen dargestellt, und zugleich ist die verschiedene Windstärke in der Nähe des Minimum und des Maximum durch die grössere und geringere Zahl der gezeichneten Windbahnen angedeutet. Dieser Unterschied ist auf Centrifugalkraft zurückzuführen und kann folgendermassen begründet werden. Wie bei jeder krummlinigen Bewegung entsteht auch bei der Luftströmung auf gekrümmten Windbahnen das durch Trägheit des bewegten Körpers erzeugte Bestreben, die Bewegung geradlinig fortzusetzen. In jedem einzelnen Punkte der Bahn ist dies Streben, die Centrifugalkraft, vorhanden und nach der äusseren (convexen) Seite gerichtet, und indem nun zu der ablenkenden Kraft der Erddrehung die Centrifugalkraft hinzutritt, wirken beide im Windsysteme des barometrischen Minimums gleichsinnig, in demjenigen des Maximums entgegengesetzt. Bei dem Minimum wird die Luft aus der

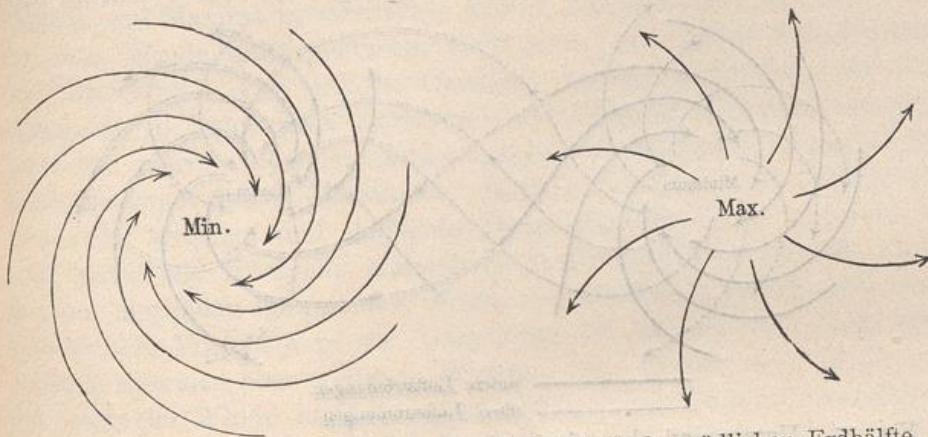


Fig. 36. Barometrisches Minimum und Maximum der südlichen Erdhälfte.

geradlinig nach innen führenden Bahn (durch die Erddrehung nach rechts (resp. links auf der südlichen Erdhälfte) auf einen längeren Weg gedrängt und durch die Centrifugalkraft noch weiter von der geraden Strasse fort und zur spiraligen Krümmung hingeführt. Dadurch wird der Weg, auf welchem die Luft zur Ausgleichung des gestörten Gleichgewichtes und des Druckunterschiedes strömt, verlängert und demgemäss die Geschwindigkeit vermehrt, der Wind verstärkt. In der Nähe des Maximums wirkt die Centrifugalkraft gleichfalls nach der convexen Seite der Windbahnen, und also im entgegengesetzten Sinne, wie die Erddrehung, nämlich auf der nördlichen Erdhälfte nach links und auf der südlichen nach rechts. Demnach wird hierbei die von der Erddrehung erzeugte Ablenkung durch das Hinzutreten der Centrifugalkraft verringert, die Bahnen, auf welchen die Ausgleichung des Druckunterschiedes beim Maximum stattfindet, werden verkürzt, und der Wind tritt mit entsprechend geringerer Stärke auf. In der That gehört erfahrungsmässig zu den Eigenschaften des barometrischen Minimums

stärkerer, zu denjenigen des Maximums schwächerer Wind. Insbesondere liegt dem Auftreten von Stürmen stets die Nähe einer Depression zu Grunde.

Die Richtung der oberen Winde führt aus dem Minimum heraus und in das Maximum hinein und ist ausserdem gegen die unteren Winde nach rechts abgelenkt. Man hat auf Grund von Beobachtungen der Cirruswolken die oberen Luftströmungen verfolgen können, die Ergebnisse für die nördliche Erdhälfte nach van Bebbber (193) sind in Fig. 37 dargestellt.

Bewölkung und Niederschlag zeigen gleichfalls charakteristisches Verhalten beim Minimum und Maximum. Was zunächst die Depressionen betrifft, so bringt der aufsteigende Strom die Luft unter geringeren Druck, erwirkt also dynamische Abkühlung (S. 22), grosse relative Feuchtigkeit und führt zur Wolkenbildung. Da die barometrischen Minima in fortschreitender Bewegung, und zwar von West nach

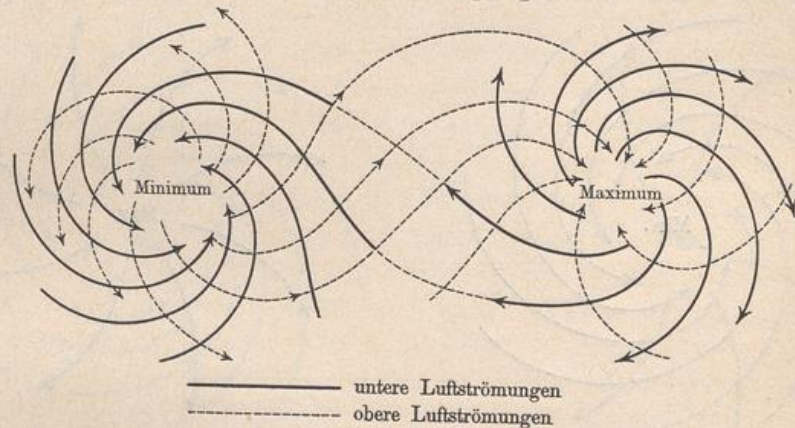


Fig. 37. Untere und obere Luftströmungen im barometrischen Maximum und Minimum der nördlichen Erdhälfte.

Ost zu sein pflegen, und da der obere Theil des Minimums meist voraus-eilt, so dass die Wirbelachse eine in der Fortschrittsrichtung geneigte Stellung hat, so erscheint dem Beobachter zuerst der höhere Theil des heranziehenden Depressionsgewölkes in Gestalt von streifen- oder schleierförmigen Cirruswolken. Dieselben bewegen sich aus dem Depressionscentrum heraus, entsprechend der in der Höhe herrschenden Druckvertheilung, und erscheinen als Vorboten der herannahenden Depression rechts und vorwärts von deren Weg. Kommt dieselbe näher, so überzieht eine tiefer liegende und dichtere Wolkenschicht den Himmel, alsdann erscheinen unter dieser Hülle dunkle Regenwolken, und es fallen ausgedehnte und dauernde Niederschläge, bis der Depressionskern vorübergezogen ist. Hierauf folgt unter Auffrischen des beim Druckminimum schwach gewordenen Windes wechselnde Bewölkung mit einzelnen Regen-, Schnee- oder Hagelschauern, und bei steigendem Luftdruck und Aufklaren zieht das Minimum ab. Wenn ein tiefes Minimum starke Winde hervorruft, so beobachtet man zuweilen

inmitten der Wolkendecke eine Lücke, durch welche der blaue Himmel sichtbar wird. Diese als „Auge des Sturmes“ bezeichnete Erscheinung ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die im Minimum herrschende starke Wirbelbewegung eine entsprechend grosse Centrifugalkraft erzeugt und demgemäss im Depressionskern eine Druckverminderung, welche von oben her Luft ansaugt. Wenn auf diese Art in der Wirbelachse ein schmaler absteigender Strom entsteht, bewirkt er durch dynamische Erwärmung² das örtliche Verdampfen der Wolkenmasse und die erwähnte Wolkenlücke.

Im Gegensatze zur Depression erzeugt das barometrische Maximum klaren Himmel, denn der absteigende Strom führt die Verdampfung der etwa hineingerathenen Wasser- oder Eistheilchen herbei und schliesst demnach das Auftreten von Niederschlag im Gebiete der Anticyklone völlig aus. Die Luft ist klar und relativ trocken, wie es der absteigenden Bewegung entspricht. Auf die Temperatur wirken die barometrischen Minima und Maxima in zweifacher Weise, durch die Wärmeverhältnisse der vom Winde herbeigeführten Luftmassen und durch Beeinflussung der Strahlung. Der erstere Umstand kommt namentlich bei Depressionen in Folge ihrer stärkeren Luftbewegung zum Ausdruck und kann für unsere Gegenden dahin ausgesprochen werden, dass auf der (meist vorangehenden) Ostseite der Minima die Winde aus südlicheren Gegenden kommen und steigende Temperatur bewirken, während in dem (meist die Rückseite bildenden) westlichen Theil die aus nördlicheren Gegenden kommenden Winde zur Abkühlung führen. Die entsprechenden Vorgänge in der Umgebung der Maxima sind leicht herzuleiten, kommen aber wenig in Betracht, weil es sich dort immer nur um schwache Winde handelt. Andererseits wird ein sehr wesentlicher Einfluss der Druckvertheilung auf die Temperatur durch Strahlung erzeugt. Wie oben (S. 10) erörtert, ist die Bodentemperatur und die von ihr abhängige Lufttemperatur das Ergebniss der zweifachen Strahlung, welche von der Sonne her dem Boden Wärme zuführt und vom Boden aus Wärme in den Weltraum hinein zerstreut. Wenn die Wärmezufuhr der ersteren Strahlung überwiegt, wie am Tage und im Sommer, dann steigt die Temperatur; ist dagegen, wie bei Nacht und im Winter, die Ausstrahlung grösser, so sinkt die Temperatur. Diese Vorgänge treten um so wirkungsvoller auf, je freier die gesammte Strahlung geschehen kann, und werden andererseits um so weniger merkbar sein, je mehr die Strahlung durch Wolken gehindert ist. Der klare Himmel des barometrischen Maximums bringt also im Sommer Wärme, im Winter Kälte mit sich und vergrössert ausserdem in jeder Jahreszeit die Tagesschwankung der Temperatur. Die zum Minimum gehörende Wolkendecke dagegen verringert die Strahlung, verringert auch die Grösse der Tagesschwankung und bringt im Sommer kühles, im Winter warmes Wetter. Während der dazwischen liegenden Jahreszeiten Frühling und Herbst überwiegt durchschnittlich keine der beiden Strahlungen, im

Einzelfall aber kommt dann in Betracht, ob die gerade herrschende Temperatur über oder unter dem langjährigen Mittel der Jahreszeit liegt. Denn je mehr Wärme der Boden hat, um so mehr kann er abgeben und um so stärker ist seine Ausstrahlung. Darum werden bei einer über dem Mittel liegenden Temperatur die Strahlungsverhältnisse denjenigen des Winters gleichen, bei Temperaturen unter dem Mittel denen des Sommers. Und hieraus ergibt sich die Regel: Im Frühling und Herbst bringt, wenn die Temperatur über dem Durchschnittswerth der Jahreszeit liegt, das Minimum Erwärmung, das Maximum Abkühlung, dagegen bei unter dem Durchschnitt liegender Temperatur das Minimum Abkühlung, das Maximum Erwärmung.

Indem wir uns nun einer ausführlicheren Schilderung der Minima zuwenden, ist vor Allem über deren Ortsveränderung zu berichten, weil diese von ganz besonderer Wichtigkeit für den Verlauf der Witterungserscheinungen und also auch für deren Voraussagung ist. Die Richtung, nach welcher die Minima fortschreiten, ist vorzugsweise die östliche. Nur in den Tropen pflegen sie umgekehrt gegen Westen sich zu bewegen. Vielleicht ist diese aus der Erfahrung hergenommene Regel auf das oben (S. 89 u. Fig. 19) geschilderte allgemeine Windsystem und darauf zurückzuführen, dass die Depressionen der in ihrer Umgebung und namentlich in den oberen Luftschichten herrschenden Windrichtung folgen. Dabei ergibt sich für die Vertheilung der Witterungselemente an der Vorder-(Ost-)Seite und an der Rück-(West-)Seite folgendes, von Mohn (194) aufgestellte Schema:

| Vorderseite. | Rückseite. |
|---|---|
| Wind von östlich bis südöstlich, südlich, südwestlich bis westlich; alle diese Winde kommen aus südlicheren Gegenden. | Wind von westlich bis nordwestlich, nördlich, nordöstlich bis östlich; alle diese Winde kommen aus nördlicheren Gegenden. |
| Temperatur steigend. | Temperatur fallend. |
| Dampfmenge zunehmend. | Dampfmenge abnehmend. |
| Bewölkung zunehmend und dicht. | Bewölkung abnehmend. |
| Niederschlag zunehmend und stark. | Niederschlag in Schauern und abnehmend. |
| Barometer fallend. | Barometer steigend. |

Hieraus wie auch aus Fig. 35 und 36 (S. 116 u. 117) ergibt sich die allmähliche Aenderung der Windrichtung beim Vorüberziehen einer Depression. Wenn diese, wie gewöhnlich, gegen Osten sich bewegt, so beginnt ihr Vorübergang mit südlichen und endet mit nördlichen Winden, die in zwischen erfolgende Drehung der Windfahne geschieht im verschiedenen Sinne, je nachdem der Beobachter auf der rechten oder linken Seite des vom Depressionscentrum beschriebenen Weges sich befindet. Zieht die Depression nördlich vom Beobachter vorüber, und befindet dieser sich also auf der rechten Seite, so beginnt der Wind mit Süd oder Südwest und geht über West nach Nordwest oder Nord herum; die Windfahne

dreht sich alsdann im Sinne des Uhrzeigers, und man bezeichnet diese Richtungsfolge als Rechtsdrehen oder Ausschliessen des Windes. Wenn dagegen die Depression südlich vom Beobachter vorbeizieht, so geht der Wind von Süd oder Südost über Ost nach Nordost oder Nord herum, und die Windfahne dreht sich gegen den Uhrzeiger; dies nennt man Zurückdrehen oder Krimpen des Windes. Nord- und namentlich Mitteleuropa liegen auf der rechten Seite der allermeisten Depressionsbahnen. Darum ist in unseren Gegenden das Rechtsdrehen des Windes viel häufiger als das Gegentheil, und der Westwind tritt besonders häufig auf. Vielleicht ist es diesem Umstande zuzuschreiben, dass so viele grossen Städte nach Westen hin wachsen und dass die neuesten und elegantesten Stadttheile auf dieser Seite zu liegen pflegen, denn hier ist erfahrungsmässig die reinste (von aussen hergewehte) Luft zu finden, und die westlichen Quartiere bieten günstigere gesundheitliche Bedingungen als die übrigen, welchen der Westwind bereits verbrauchte und mit Rauch und städtischem Staub verunreinigte Luft zuführt.

Die Annäherung einer Depression macht sich gewöhnlich zuerst durch sinkenden Luftdruck und langsames Auffrischen des nach Süd herumgehenden Windes bemerkbar, dann erscheint am westlichen Horizont der rechts vorwärts vom Minimum befindliche (oben S. 118 schon erwähnte) Cirrusschirm, Nachts oftmals die Erscheinung des Mondhofes erzeugend, während der Wind in dem bereits beschriebenen Sinne weiter herumgeht. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Depressionen fortschreiten, ist sehr verschieden und beträgt für Europa im Mittel etwa 7 bis 8 m in der Secunde, entsprechend der Geschwindigkeit eines mässigen Windes. Nach van Bebbber (195) ist sie am grössten über Frankreich, dem südlichen Nordseegebiet, Deutschland und Oesterreich-Ungarn, am geringsten über Südschweden, Finnland und Nordwestrussland, während sie über Italien etwa dem Mittelwerthe entspricht. Im Sommer nimmt beim Erreichen der europäischen Küsten die Geschwindigkeit merklich ab. Diejenigen Depressionen, welche von stürmischen Winden begleitet sind, schreiten rascher als andere fort.

Cl. Ley (196) giebt eine Anzahl von Regeln über das Fortschreiten der Minima, von welchen wir die folgenden anführen:

Gebiete niederen Druckes haben die Neigung, in aussertropischen Breiten mehr oder weniger schnell ostwärts sich zu bewegen. In Westeuropa schwankt die Richtung gewöhnlich zwischen Nordnordost und Südsüdost. Dabei hat jedes Depressionsgebiet die Neigung, mit einem Winkel von etwa 45° gegen die niederen Isothermen fortzuschreiten. Die Minima wandern ferner am leichtesten in solcher Richtung, dass der höchste allgemeine Druck rechts bleibt (auf der nördlichen Erdhälfte; auf der südlichen links).

Hiernach haben in unseren Gegenden die Minima also die Neigung, beim Fortschreiten die höhere Temperatur rechts

hinter sich und den höheren Druck gleichfalls rechts zu behalten. Die Seite des höheren Druckes oder grössten Gradienten (S. 87) ist in der Wetterkarte sofort an den dichter zusammengedrängten Isobaren erkennbar.

In Betreff der Einwirkung, welche hiernach die Vertheilung von Temperatur und Druck auf die Bewegung der Minima hat, sind durch van Bebbber (197) noch ferner die folgenden Regeln aus der Erfahrung hergeleitet worden:

Ist die Vertheilung des Druckes und diejenige der Temperatur in der Umgebung der Depression nach demselben Sinne gerichtet, so schreitet die Depression nahezu senkrecht zum Druck- und Temperaturgradienten fort, d. h. in Richtung der Isobaren und Isothermen.

Sind Druck und Temperatur in entgegengesetztem Sinne vertheilt, so wird die Bewegung der Depression gehemmt oder ganz aufgehoben (stationäre Depression); dabei nimmt die Depression eine längliche, verzerrte Form an und verflacht sich, wobei die Längsachse meist in die Richtung der Isobaren und Isothermen fällt. An dem Ende dieser Achse lösen sich häufig Theilminima ab und folgen dann der Luftströmung.

Ist keiner dieser beiden Fälle vorhanden oder kreuzen sich die Isothermen und Isobaren unter einem grösseren Winkel, so pflegt die Depression der Vertheilung sowohl von Druck wie auch von Temperatur Rechnung zu tragen und eine mittlere Richtung einzuschlagen.

Die Verfolgung der Depressionsbewegungen hat gelehrt, dass dieselben vorzugsweise auf gewissen Strassen verlaufen, und zur Herleitung dieser bevorzugten Depressionsbahnen geführt. Dieselben treten je nach der Jahreszeit in verschiedener Häufigkeit hervor, bilden aber keineswegs die einzigen Wege, auf welchen die Minima fortschreiten, sondern nur etwa der vierte Theil aller Depressionen schlägt diese Bahnen ein und verweilt längere Zeit darauf. Die übrigen Minima ziehen theilweise und für kurze Strecken auf einzelnen Depressionsbahnen oder bewegen sich auch als „erratische“ Minima ganz unabhängig von diesen.

In Fig. 38 ist eine Uebersicht der verschiedenen Depressionsbahnen nach van Bebbber (198) dargestellt, wobei die Breite ein Maass für die Häufigkeit ihres Vorkommens bildet. Auf Grund der Erfahrungen der 15 Jahre 1876 bis 1890 können die einzelnen Zugstrassen folgendermaassen geschildert werden.

Zugstrasse I beginnt nordwestlich von Schottland, führt nordostwärts, dann an der Küste Norwegens entlang über den Polarkreis hinaus und theilt sich hier in vier Strassen, von denen eine zum Eismeere, die zweite (Ic) zum Weissen Meere, die dritte und vierte südostwärts nach dem Inneren Russlands verlaufen. Die in unseren Wetterkarten vorkommenden Minima dieser Strasse sind meist nur Randbildungen (Theilminima) solcher Depressionen, deren Kern in der Nähe von

Island sich nach Nordosten bewegt. Im Winter und Herbst ist diese Zugstrasse am häufigsten, im Frühjahr am seltensten besucht. Der Einfluss der hier fortschreitenden Minima auf das Wetter unserer Gegenden hängt meist auch von der gleichzeitigen Lage des barometrischen Maximums ab; durchschnittlich bringen solche Minima uns warmes, ziemlich heiteres Wetter und wenig Niederschläge.

Zugstrasse II führt vom Meere zwischen den Faröer und Schottland fast rein östlich über Skandinavien nach dem Finnischen Busen; dort

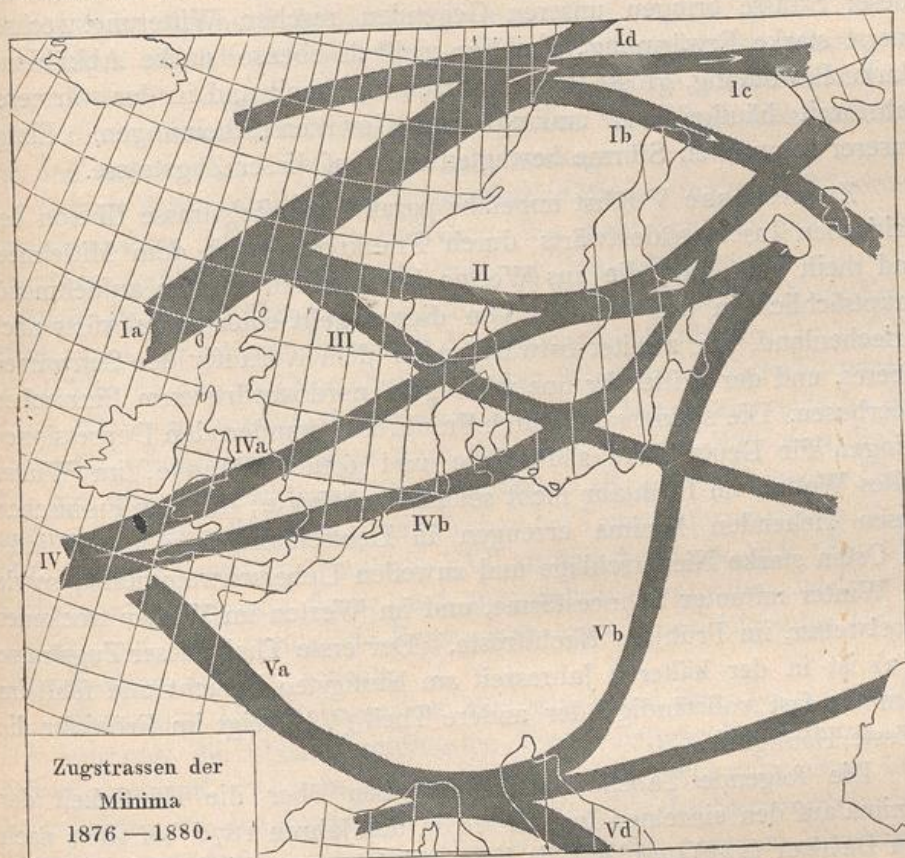


Fig. 38. Depressionsbahnen nach van Bebbber.

biegt ein Theil der Depressionen nach Nordosten um, ein anderer zieht ostwärts weiter nach dem Inneren Russlands. Diese Zugstrasse ist vorzugsweise in der kälteren Jahreszeit bemerkbar, und die auf ihr fortschreitenden Depressionen pflegen unser Wetter viel mehr zu beeinflussen, als die Minima der Zugstrasse I. Stärkere, mitunter stürmische Luftbewegung, grössere Bewölkung und grössere Regenwahrscheinlichkeit zeichnen Zugstrasse II aus.

Zugstrasse III gehört gleichfalls und noch mehr als Zugstrasse II der kälteren Jahreszeit an. Sie verläuft von den Shetlandinseln südostwärts nach dem Skagerrak und Südschweden, um dann entweder nach Osten umzubiegen oder südostwärts nach dem inneren oder süd-

lichen Russland fortzuschreiten. Die hier wandernden Depressionen bringen starke Bewölkung, ausserordentlich grosse Regenhäufigkeit, ferner Abkühlung und böiges Wetter im Westen, Erwärmung und starke Luftbewegung im Osten.

Zugstrasse IV. Diese im Sommer und auch im Herbst häufig besuchte Zugstrasse beginnt im Südwesten der Britischen Inseln und führt ostnordostwärts entweder über das Skagerrak oder über die Helgoländer Bucht nach Finnland und dem Weissen Meere. Die Depressionen dieser Strasse bringen unseren Gegenden raschen Witterungswechsel, zuerst starke Erwärmung, nachher vielfach ebenso starke Abkühlung, starke Bewölkung, grosse Regenwahrscheinlichkeit und in der wärmeren Jahreszeit häufige und umfangreiche Gewittererscheinungen. Einige unserer schwersten Stürme bewegten sich auf dieser Zugstrasse.

Zugstrasse V führt ungefähr parallel mit Zugstrasse III von den Britischen Inseln südostwärts durch Frankreich nach dem Mittelmeer und theilt sich hier, die aus Westen kommenden Minima aufnehmend, hauptsächlich in drei Arme. Von diesen geht einer südostwärts nach Griechenland, ein zweiter ostwärts nach dem Nordufer des Schwarzen Meeres, und der dritte, für uns wichtigste, nordostwärts zum Finnischen Meerbusen. Die südostwärts durch Frankreich wandernden Depressionen bringen für Deutschland südöstliche und östliche Winde, im Winter kaltes Wetter, im Frühjahr nicht selten Nachtfröste; die zum Finnischen Busen ziehenden Minima erzeugen in Deutschland nördliche Winde, im Osten starke Niederschläge und zuweilen Ueberschwemmung, sowie im Winter mitunter Schneestürme, und im Westen im Winter trockenes Frostwetter, im Frühjahr Nachtfröste. Der erste Theil dieser Zugstrasse (Va) ist in der kälteren Jahreszeit am häufigsten besucht und fehlt im Sommer fast vollständig, der andere Theil (Vb) zeigt im Frühjahr die grösste Häufigkeit.

Die folgende Tabelle enthält Angaben über die Häufigkeit der Minima auf den einzelnen Zugstrassen in den Jahren 1876 bis 1889 nach van Bebber (199) und lässt die jahreszeitliche Verschiedenheit der Zugstrassen erkennen:

| Zugstrasse | I | II | III | IV | Va | Vb | Summe |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Winter | 46 | 32 | 23 | 10 | 15 | 12 | 138 |
| Frühjahr | 29 | 11 | 16 | 11 | 11 | 21 | 99 |
| Sommer | 37 | 12 | 3 | 34 | 1 | 14 | 101 |
| Herbst | 50 | 19 | 14 | 23 | 11 | 25 | 142 |
| October bis März . . | 86 | 52 | 46 | 34 | 28 | 37 | 283 |
| April bis September . | 76 | 22 | 10 | 44 | 10 | 35 | 197 |
| Jahr | 162 | 74 | 56 | 78 | 38 | 72 | 480 |

In der Praxis sucht man die Frage, welchen Weg eine heranziehende Depression nehmen wird, auf Grund dieser Angaben sowie besonders nach den auf S. 121 gegebenen Regeln zu beantworten, also unter Beachtung der Vertheilung von Druck und Temperatur. In der wärmeren Jahreszeit liegt die grössere Wärme im Binnenlande, darum sind alsdann die Zugstrassen II, III und V a wenig besucht, auf deren linker Seite ausgedehnte Continentalflächen liegen. Dagegen zeigt die Zugstrasse IV im Sommer und Herbst ihre grösste Häufigkeit, denn sie hat auf der rechten Seite das nordeuropäische Binnenland.

Haben sich Druck- und Temperaturvertheilung einmal günstig für eine bestimmte Zugstrasse gestaltet, so pflegen die Depressionen auf dieser hinter einander fortzuschreiten, bis die Wetterlage sich geändert hat und eine andere Depressionsbahn bevorzugt.

Einige Beispiele der durch barometrische Minima regierten Witterung sind in unseren Abbildungen enthalten. So giebt Taf. XIV die von der Seewarte verbreitete Wetterkarte vom 14. Juni 1899 wieder und zeigt ein tiefes Minimum über Westrussland mit trübem, nassem und windigem Wetter und, der warmen Jahreszeit entsprechend, Abkühlung. In Taf. XV sehen wir ein am 29. December 1899 über Westeuropa liegendes winterliches Minimum, welches Erwärmung brachte. Bemerkenswerth ist hier auch die winterliche Wärme über der Ostsee. Taf. XVI zeigt die am 19. Juni 1899 bemerkbaren „Gewittersäcke“ (S. 99) südlich von Irland und über Nordwestfrankreich, dazwischen ein Temperaturmaximum, davor (östlich) viele Gewitter. Und Taf. XVII enthält die am 30. Juli 1897 über Südosteuropa liegende flache und ausgedehnte Depression, welche ergiebige und weit verbreitete Regengüsse sammt nachfolgender Ueberschwemmung mit sich brachte.

Wenn zum Ueberschauen der Wetterlage und ihrer bevorstehenden Aenderungen die eben geschilderten Eigenschaften der Minima von Wichtigkeit sind, so hat man es andererseits auch nicht unterlassen, ähnliche Studien an das Erscheinen und Fortschreiten der barometrischen Maxima zu knüpfen. Sie haben zwar wegen der geringen Windstärke weniger Mannigfaltigkeit und Veränderlichkeit, als die Depressionen, sind aber doch für viele Witterungslagen derartig maassgebend, dass man auch sie oftmals der Prognose zu Grunde legen kann. Brounow (200), der die europäischen Maxima der vier Jahre 1876 bis 1879 untersuchte, unterscheidet constante Maxima, die während des ganzen Jahres mit geringen Schwankungen an einer Stelle verbleiben, halbjährige Maxima, die in der gemässigten Zone zur warmen Jahreszeit über dem Meere, zur kalten Jahreszeit über dem Lande entstehen und keine bestimmte Ortsveränderung zeigen, sowie endlich temporäre Maxima, die kleiner als die vorigen, in der gemässigten und kalten Zone bei fortschreitender Bewegung schnell entstehen und verschwinden. Von dieser letzteren Art wurden aus der genannten Zeit 132 Maxima mit ihren Bahnen studirt; die häufigste Richtung des Fortschreitens war im Winter

und Frühling gegen Ost-südost, im Sommer gegen Ostnordost, im Herbst gegen Ost, überhaupt im ganzen Jahre gegen Ost-südost gerichtet. Für die Minima hatte derselbe Forscher die Hauptzugrichtung gegen Ostnordost gefunden. Die mittlere Tagesgeschwindigkeit des Fortschreitens wurde a) als wirkliche Geschwindigkeit auf den krummen Bahnen der Centra, und b) als geradliniger Betrag der von einem Morgen zum anderen erfolgten Ortsveränderung untersucht. Man fand:

| | Winter | Frühling | Sommer | Herbst | Jahr |
|----|--------|----------|--------|--------|-------|
| a) | 610,5 | 654,9 | 621,6 | 654,9 | 643,8 |
| b) | 588,3 | 632,7 | 610,5 | 632,7 | 621,6 |

Kilometer für den Tag. Dem zu b) angegebenen Jahresmittel von 621,6 km (7,2 m in der Secunde) entspricht für die Minima etwa der nämlichen Jahre die Tagesgeschwindigkeit von 666 km (7,7 m in der Secunde).

Einzelne, besonders häufige und charakteristische Lagen barometrischer Minima oder Maxima hat man als Wettertypen bezeichnet und genauer beschrieben. So sind von Hoffmeyer (201) Wintertypen für den Nordatlantischen Ocean hergeleitet worden, indem er aus vieljährigen Durchschnittswerthen die mittleren Isobaren des Monats Januar zeichnete und darin drei Minima fand; deren bedeutendstes lag südwestlich von Island und je ein secundäres auf der Ostseite gegen das Eismeer und auf der Westseite gegen die Davisstrasse hin. Jedes derselben kann dazu kommen, „die Hauptrolle zu spielen“, d. h. auf das Wetter von Europa einen maassgebenden Einfluss zu üben.

Ferner hat Teisserenc de Bort (202) ähnliche Studien veröffentlicht, welche besonders an die von ihm als „Actionscentra“ bezeichneten Stellen anknüpfen. Dies sind solche Gegenden, deren physikalische Beschaffenheit oder Bodenform die gleichmässige Vertheilung von Druck und Temperatur stören und das Auftreten grosser barometrischer Maxima oder Minima, der „Actionscentra der Atmosphäre“, herbeiführen. Solche Centra, deren Verlagerungen den grössten Einfluss auf das Wetter ausüben, sind in der kalten Jahreszeit:

1. Ein Maximum zwischen Azoren, Madera und Spanien, welches sich nach Osten (Südwestwinde und milder Winter), nach Nordosten bis Frankreich oder Mitteleuropa (ruhiges, heiteres und kaltes Wetter daselbst), nordwärts nach dem Biscayischen Golf (Nordwestwinde und nasskaltes Wetter für Frankreich und das westliche Mitteleuropa) oder noch weiter nördlich über die Britischen Inseln hinaus (Schnee im westlichen Mitteleuropa) verschieben kann.

2. Das sibirische Maximum, welches über Mittelasien seine grösste Beständigkeit hat und sich in einen östlichen und einen westlichen, bis Skandinavien reichenden Theil (continentale Winde und kalter Winter) oder derartig zerlegen kann, dass der westliche Theil bis nach Mitteleuropa gelangt und dort mit dem Maximum von Madera sich vereinigt

(„Strahlungswinter“, kalt und klar). Drittens kann das Maximum auch südwärts sich verlagern und tritt dann an Intensität zurück.

3. Das oceanische Minimum, auf welches auch Hoffmeyer (201) schon hingewiesen hat, und das sich bei Island zu befinden pflegt. Folgende Besonderheiten seiner Lage kommen in Betracht. Ein Minimum liegt über dem Eismeere und Finnmarken, ein zweites an der grönländischen Küste (in Nordeuropa warmer Winter, in Mitteleuropa Witterung je nach Lage des Maximums); oder das Minimum liegt südlicher, über der Nordsee und Skandinavien, während zugleich das Maximum der Rossbreiten (S. 74) nach Norden verschoben sein kann (nasskaltes Wetter in Mitteleuropa als Wirkung der von Nordwesten ziehenden Theildepressionen); oder das Minimum befindet sich über den Britischen Inseln und zugleich meist hoher Druck über Nordrussland (milde, zuweilen unruhige Witterung in Westeuropa); oder es liegen Minima an der französischen Westküste und über dem Mittelländischen Meere, zugleich ein Maximum über Nordwesteuropa (Abkühlung durch Continentalwinde); oder endlich ein übrigens seltener vorkommendes Minimum liegt südlich von den Azoren (anhaltende Kälte und Trockenheit im westlichen Mitteleuropa).

Hiernach hat Teisserenc de Bort (202) folgende Wintertypen hergeleitet:

Typus A. Kalt und trocken. Von dem in zwei Theile zerspaltenen sibirischen Maximum liegt das westliche Stück über Westsibirien, Nordrussland und Finnland.

Typus B. Strahlungswinter, klar und kalt. Das Maximum von Madera liegt in Frankreich und Deutschland.

Typus C. Feuchtkalt, häufig Schneefälle. Das oceanische Minimum ist nach Norden verschoben, relativ niedriger Druck liegt über Centraleuropa und Mittelmeer.

Typus D. Milder Winter. Das Maximum von Madera liegt über Spanien und einem Theil des Mittelmeeres, niedriger Druck über Nordeuropa.

Typus E. Gleichfalls milder Winter. Das oceanische Minimum liegt über den Britischen Inseln, zuweilen auch Frankreich, das sibirische Maximum reicht bis nach Nordrussland.

Während die vorstehenden Typen sich auf die kalte Jahreszeit beschränken, hat man seither auch Wettertypen für das ganze Jahr aufgestellt, ausgehend von der Erwägung, dass gewisse ähnliche und durch Lage der barometrischen Maxima und Minima definirbare Wetterlagen häufig wiederkehren, dass sie dabei eine gewisse Erhaltungstendenz sowie eine jährliche Periode zeigen, und dass aus ähnlichen Wetterlagen sich auch ähnliche Witterungserscheinungen entwickeln. Durch van Bebbber und Köppen (203) wurden 20 Wettertypen, die sich durch die Lage des höheren Druckes von einander unterscheiden, definirt. Bald darauf stellte van Bebbber (204) fünf Hauptwetterlagen für Europa auf, die

maassgebend für die Witterung Deutschlands und seiner Umgebung sind und sich dem Gedächtniss leicht einprägen. Es sind die folgenden:

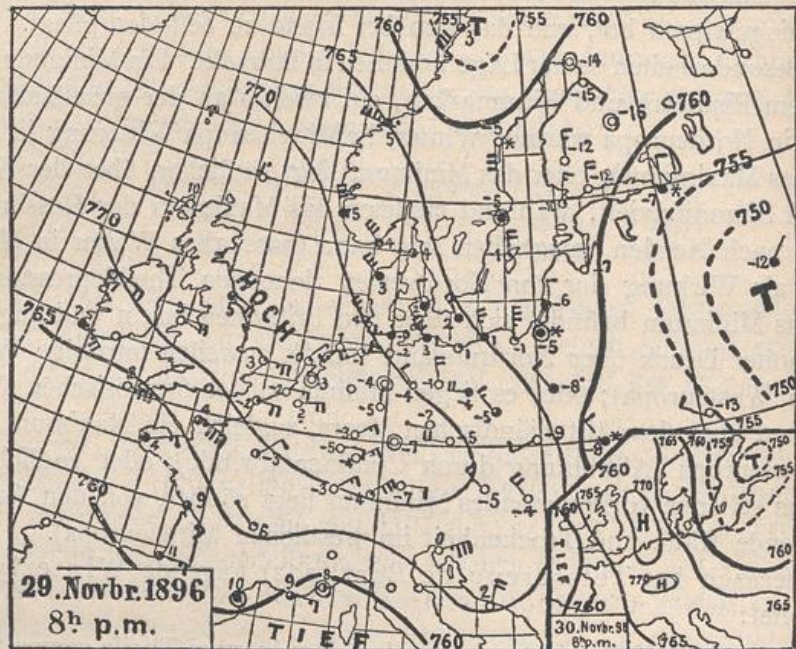


Fig. 39. Typus I.

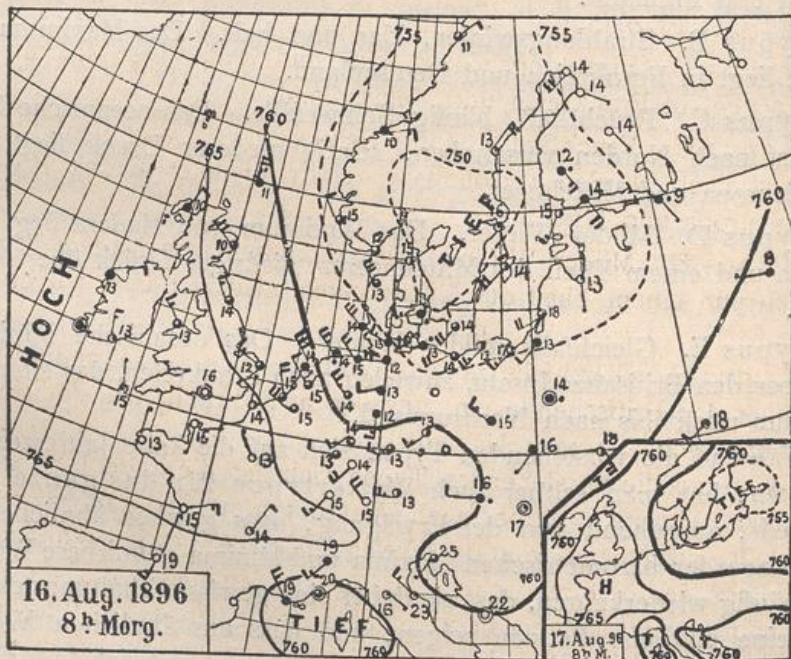


Fig. 40. Typus I.

Typus I. Hochdruckgebiet über West- und Nordwesteuropa, etwa über den Britischen Inseln und deren Nachbarschaft, Depressionen

über östlicheren Gegenden. In unseren Gegenden wehen böige, feuchte, kalte Winde aus nördlichen Gegenden, namentlich aus Nordwest. Der

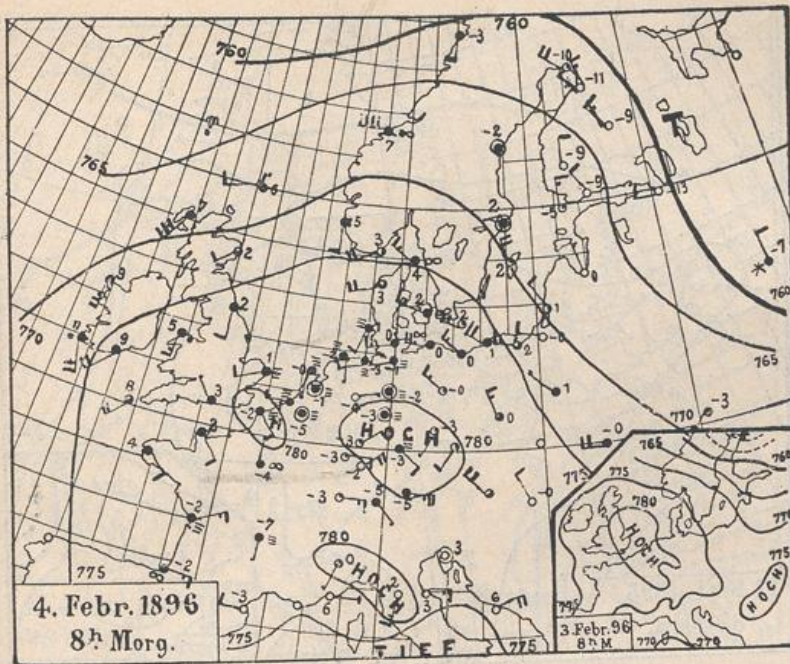


Fig. 41. Typus II.

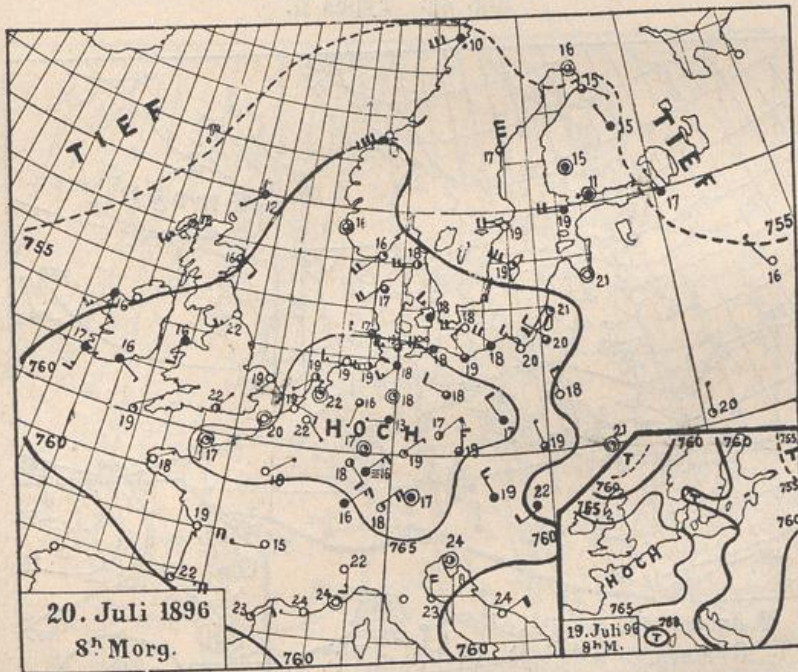


Fig. 42. Typus II.

Typus kommt hauptsächlich in der wärmeren Jahreszeit vor und bewirkt (in Verbindung mit Typus V), dass unsere Sommer häufig so kühl sind und so oft verregnen.

Börnstein, Wetterkunde.

Typus II. Hochdruckgebiet über Mitteleuropa, speciell über Deutschland, Depressionen erst in grösserer Entfernung (Strahlungstypus).

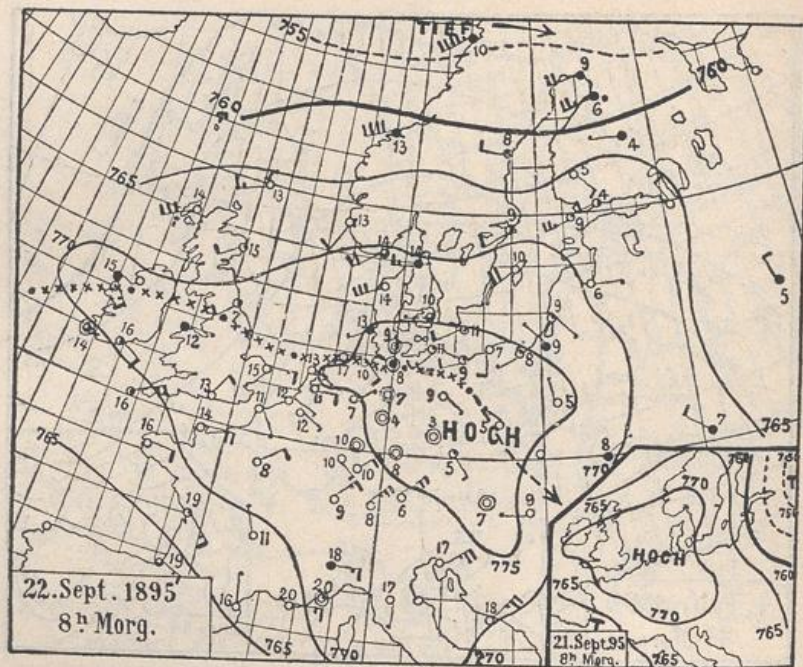


Fig. 43. Typus II.

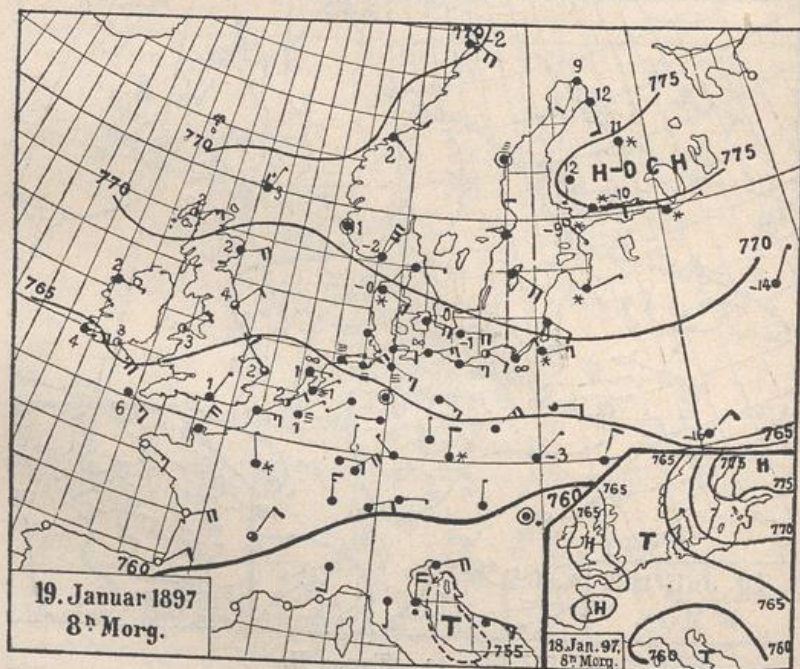


Fig. 44. Typus III.

Dieser Typus ist namentlich in den Sommermonaten und im Frühherbst häufig und zeichnet sich aus durch schwachen und veränderlichen Wind,

vielfach heitere oder neblige Witterung, geringe Niederschläge und Temperaturverhältnisse, die der Strahlung entsprechen, d. h. im Sommer

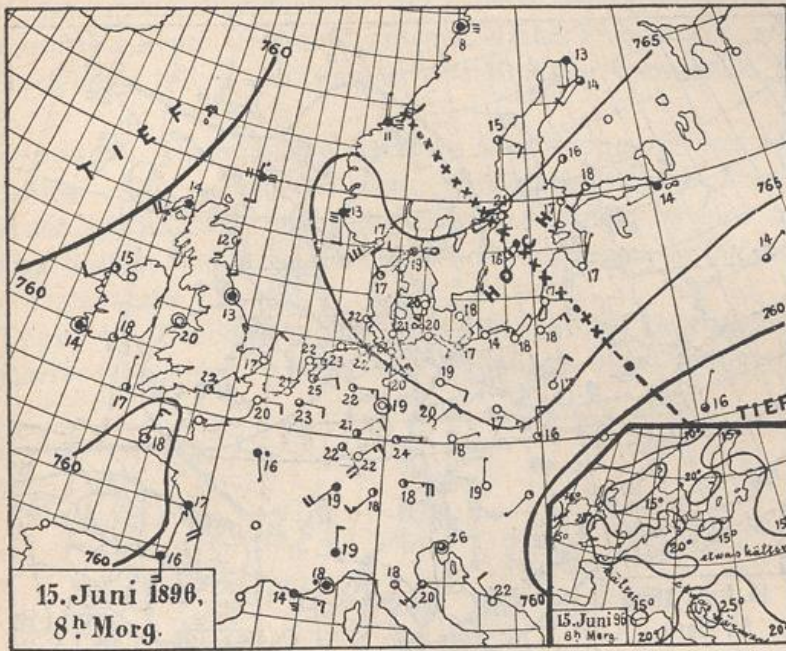


Fig. 45. Typus III.

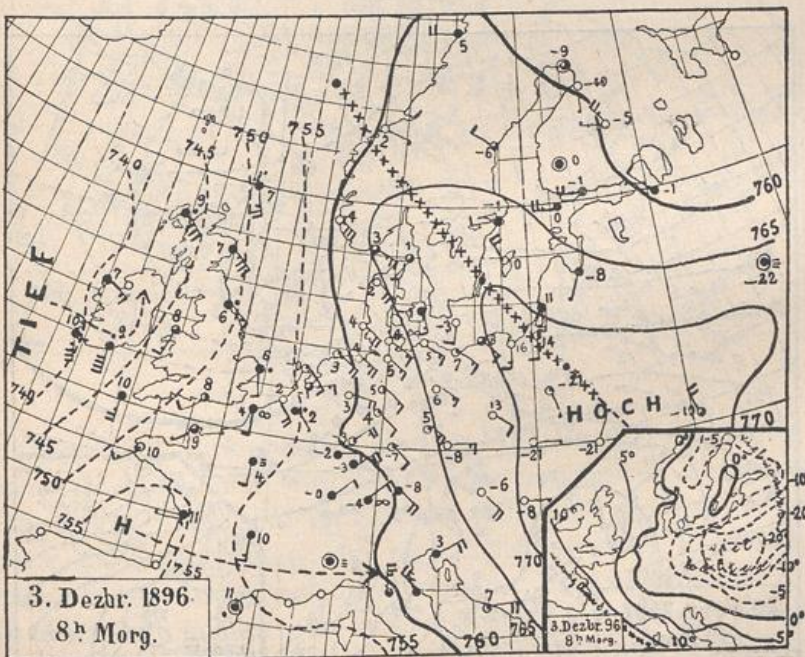


Fig. 46. Typus IV.

bis zum September sonnige und warme Tage mit Trockenheit, zuweilen bis zu Dürreperioden gesteigert, im Winter und Herbst Nebel und Kälte,

im Spätfrühjahr und Frühherbst bei klaren Nächten öfters Nachtfrost und Reif, namentlich wenn Typus I in Typus II übergeht.

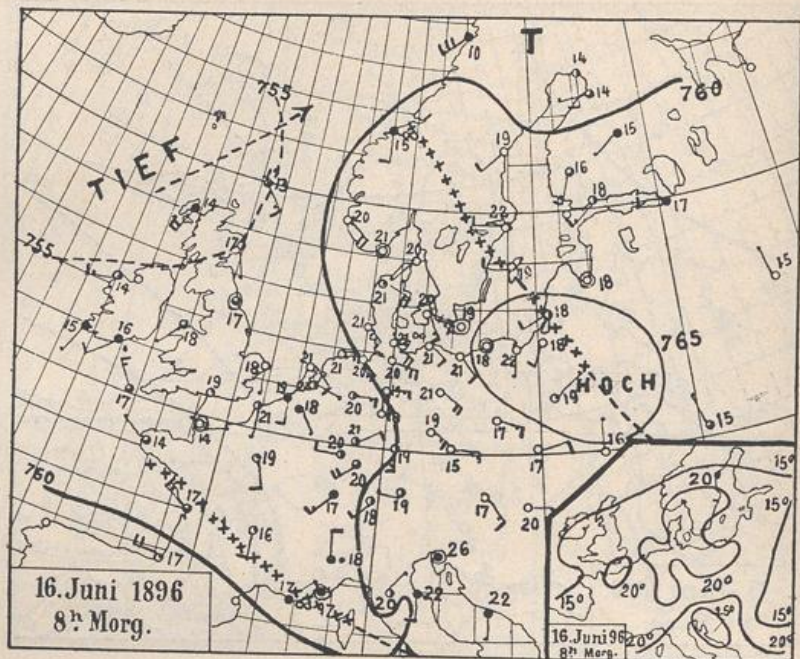


Fig. 47. Typus IV.

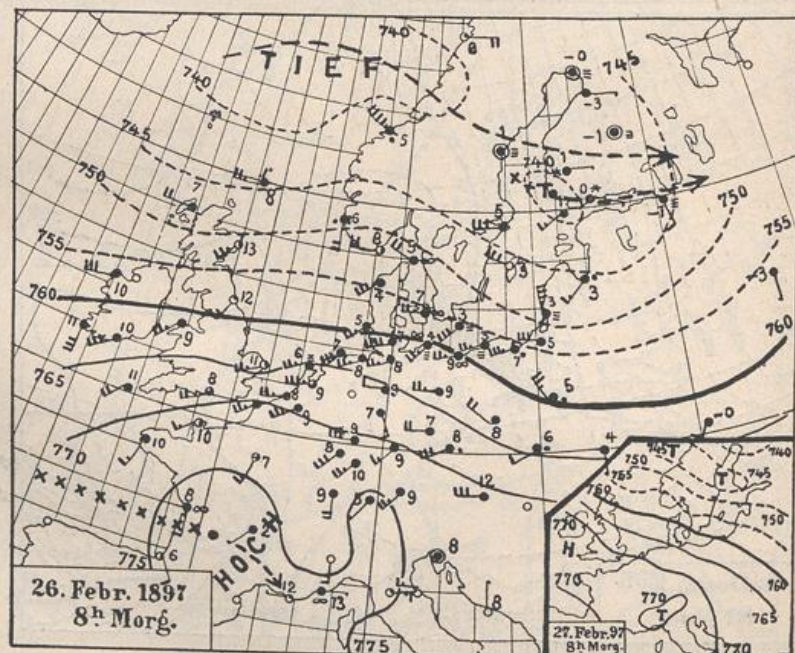


Fig. 48. Typus V.

Typus III. Hochdruckgebiet über Nord- oder Nordosteuropa, Depressionen südlich davon, namentlich über dem Mittelmeere oder der

Biscayasee. Es wiegen östliche und nordöstliche Winde vor, meist Landwinde und daher trocken, im Winter kalt, im Sommer meist warm. Dieser Typus gehört hauptsächlich der kälteren Jahreszeit an und pflegt (zusammen mit Typus II) unsere strengen Winter zu erzeugen; er bringt im Winter meist trübes, im Sommer und Frühling vorwiegend heiteres Wetter.

Typus IV. Hochdruckgebiet über Osteuropa, Depression über Westeuropa. Ein vorwiegend dem Winter und Herbst angehöriger Typus mit südöstlichen und südlichen Landwinden, welche im Allgemeinen trocken und warm sind, kalt nur dann, wenn in Südosteuropa kaltes Winterwetter herrscht.

Typus V. Hochdruckgebiet über Südeuropa, Depressionen über nördlicheren Gegenden. Dies ist der häufigste aller Wettertypen, in

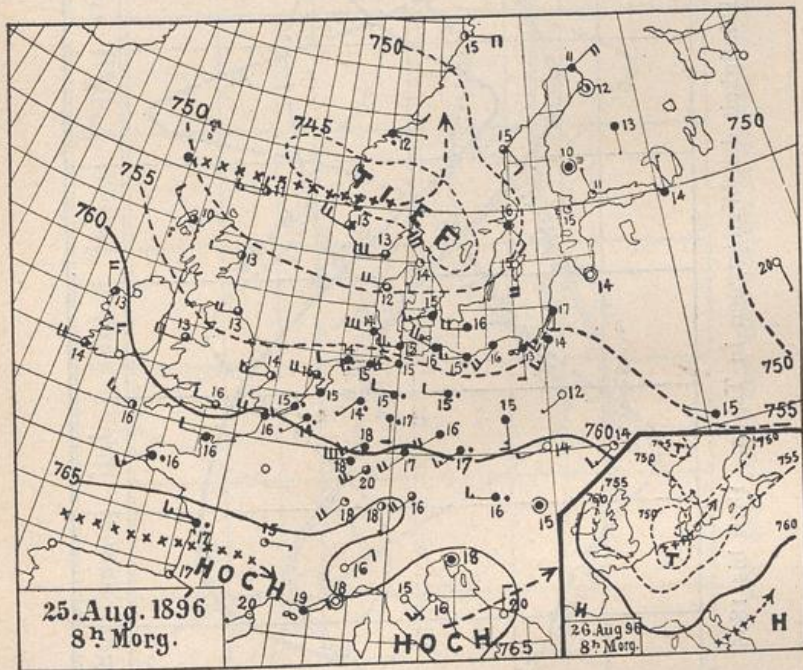


Fig. 49. Typus V.

allen Jahreszeiten vorkommend, nur im Frühjahr und Spätherbst etwas seltener. Südliche und westliche Winde oceanischen Ursprungs, die also im Winter warm und im Sommer kühl sind, mildern die Winterkälte wie die Sommerhitze. Im eigentlichen Sommer ist dieser Typus besonders häufig und bringt dann windiges, nasskühles Wetter. Unter seiner Herrschaft kommen in unserer Gegend die meisten Stürme vor, und namentlich wenn das barometrische Maximum über Frankreich liegt, ist unruhige Witterung am wahrscheinlichsten.

Zur weiteren Erläuterung dieser Typen sind in Fig. 39 bis 49 einzelne Wetterlagen nach van Bebbler (204) dargestellt, welche jeden der fünf eben geschilderten Hauptwettertypen durch Beispiele aus der kalten und

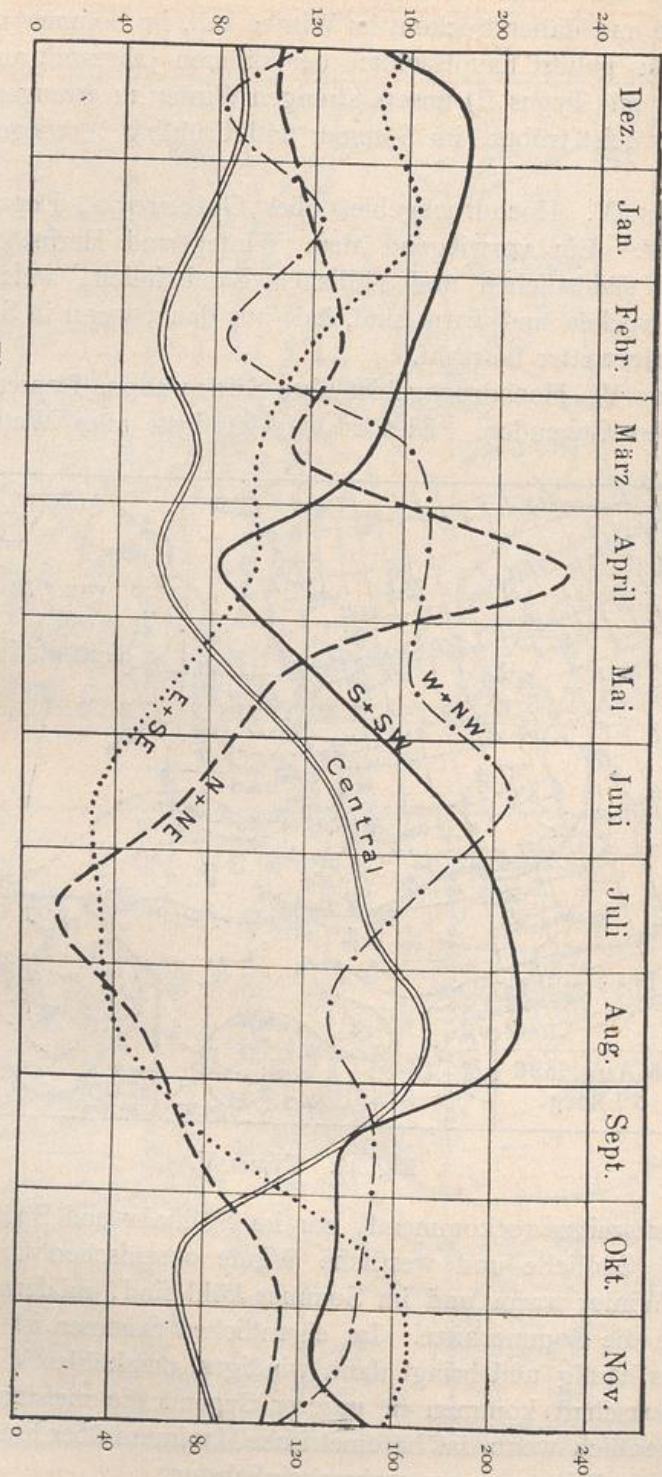


Fig. 50. Häufigkeit der Wittertypen in Tagen. 1876 bis 1895.

aus der warmen Jahreszeit mit Hinzufügung je eines benachbarten Tages (auf den Nebenkärtchen in der rechten unteren Ecke) anschaulich machen. Die Temperaturen sind durch Zahlen angegeben, die Zugrichtungen

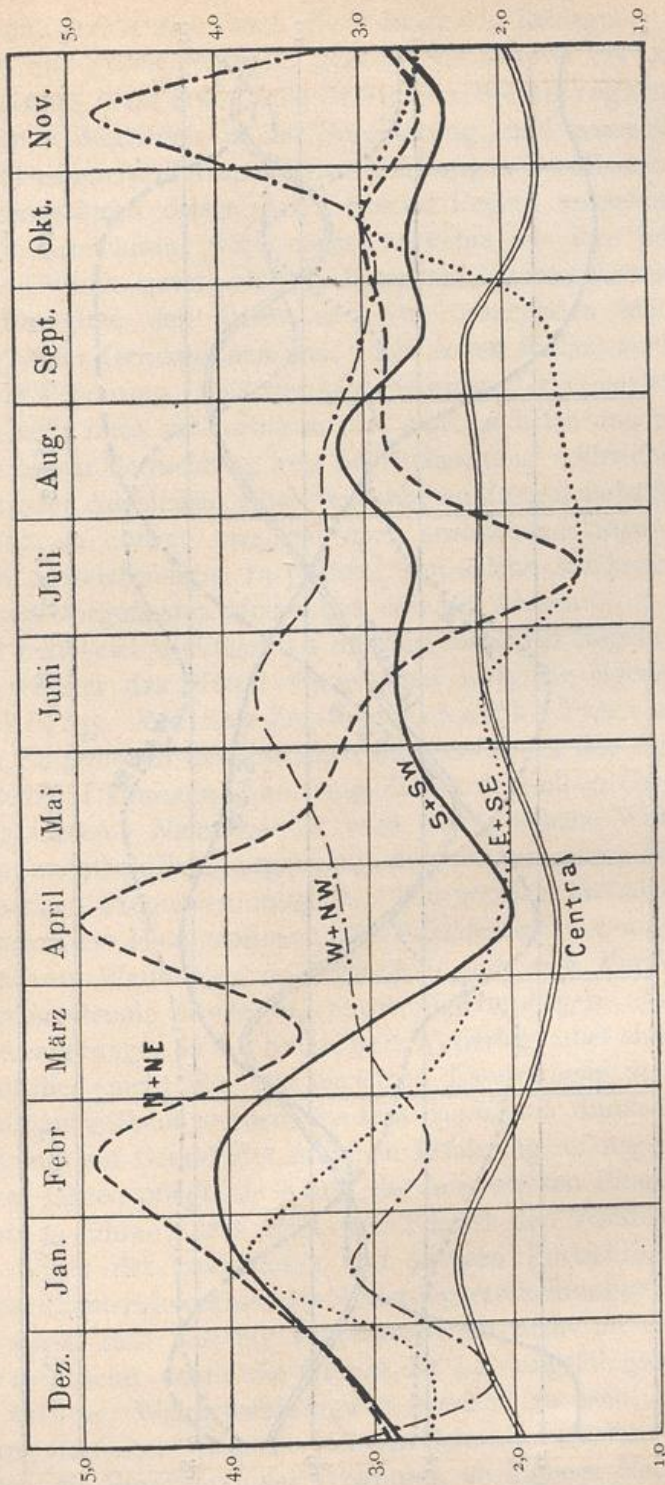


Fig. 51. Dauer der Wettertypen in Tagen. 1876 bis 1895.

der Maxima und Minima durch gekreuzte oder gestrichelte Linien und Pfeile.

Ferner sind, gleichfalls nach van Bebbber (204) und auf Grund der zwanzigjährigen Aufzeichnungen von 1876 bis 1895, durch Fig. 50 die

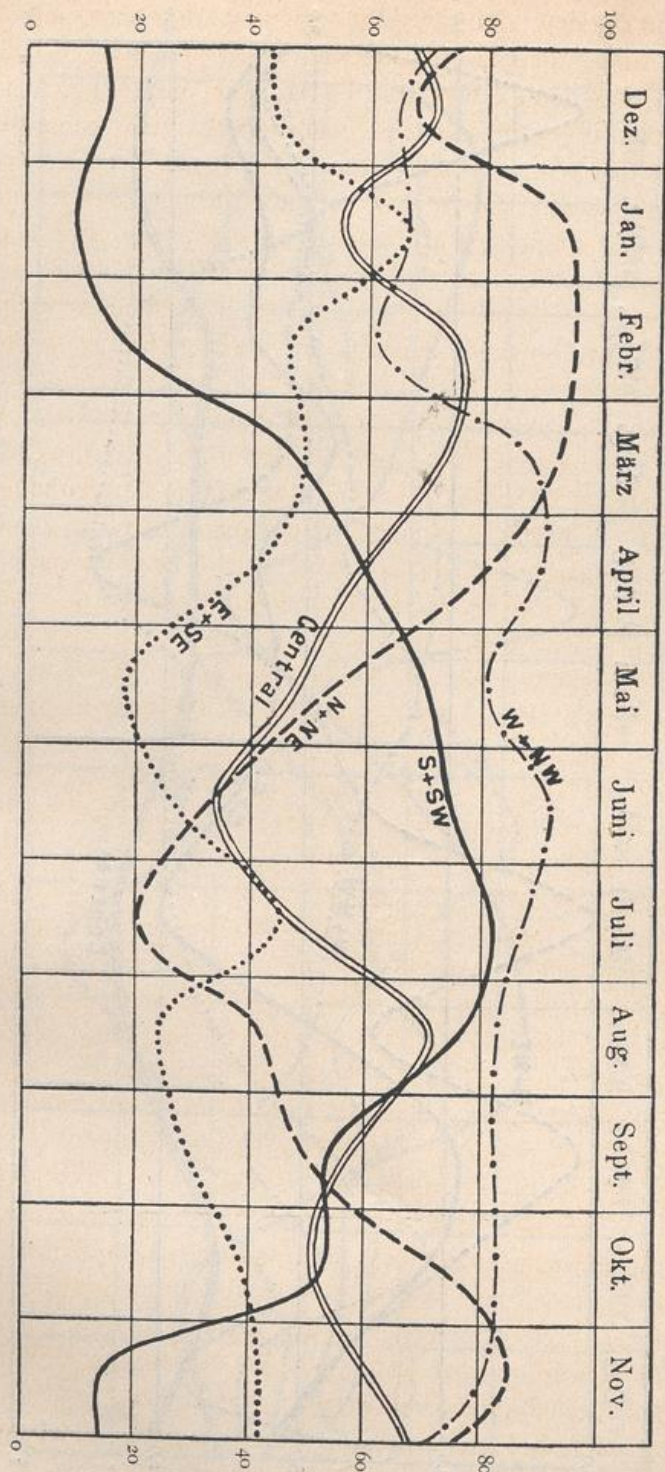


Fig. 52. Anzahl der kalten Tage in Procenten bei den einzelnen Wetterlagen. 1876 bis 1895.

Häufigkeit der einzelnen Wettertypen in Tagen, durch Fig. 51 (a. v. S.) die Dauer derselben in Tagen, und durch Fig. 52 die Anzahl der kalten Tage bei den einzelnen Typen in Procenten (die Ergänzung zu 100 ergibt die Zahl der warmen Tage) dargestellt.

So umfangreich sich auch die vorstehende Darlegung der Regeln, Zugstrassen und Typen gestaltete, gehört doch zu ihrer Vervollständigung und Ausnutzung noch etwas: die örtlichen Wetterregeln. Ueberall begegnet man denselben in der Bevölkerung, und namentlich die im Freien betriebenen und vom Wetter abhängigen Berufsarten sind reich an Erfahrungssätzen dieser Art. Solche Regeln vornehm als Aberglauben zu bezeichnen, wäre ebenso verkehrt wie ihre kritiklose Anwendung. Oftmals spricht sich in diesen auf Himmelsfärbung, Wolkenformen, Verhalten der Thiere u. s. w. beruhenden Meinungen die Erfahrung vieler Generationen aus, nicht selten freilich auch eine missverstandene Erfahrung, und wer eine derartige Ueberlieferung ernsthaft ausnutzen will, muss sie vorher an der eigenen Erfahrung prüfen. Dabei dürfte es zur Vermeidung von Selbsttäuschung nothwendig sein, das Eintreffen oder Ausbleiben eines vermutheten Zusammenhanges jedesmal schriftlich zu notiren und erst nach ausreichend langer Zeit die gewonnenen Aufzeichnungen zu prüfen. Auf solche Art kann das Ergebniss frei von vorgefassten Meinungen erkannt werden.

Und noch viel wichtiger als die hergebrachten Regeln ist für denjenigen, welcher das Wetter voraussehen will, die eigene, örtliche Beobachtung. Welche Zugstrassen, welche Typen oder welche sonstigen Einzelheiten hauptsächlich für das Wetter des eigenen Wohnorts in Betracht kommen, kann nur die an demselben Orte gewonnene Erfahrung lehren. Nicht minder wird durch örtliche Wahrnehmungen allein die unentbehrliche Ergänzung der von einzelnen Hauptstationen herkommenden Prognosen möglich. Wir werden im nächsten Capitel sehen, wie diese Hauptstationen die Schilderung der augenblicklichen allgemeinen Wetterlage zu verbreiten und eine Vermuthung über deren bevorstehende Aenderung hinzuzufügen pflegen. Welche gleichzeitigen Aenderungen in der örtlichen Wetterlage aber eintreten werden, kann natürlich nicht für alle einzelnen Landestheile von der Hauptstation aus mitgetheilt werden, sondern das ist nur durch örtliche Beobachtung und auf Grund der örtlichen Erfahrung zu sagen. Seit einer Reihe von Jahren pflegt die Kritik der aufgestellten Prognosen zu dem Ergebniss zu führen, dass etwa vier Fünftel der Voraussagungen eintreffen. Trotz der zweifellosen und grossen Fortschritte, welche die wissenschaftliche Erkenntniss der Witterungserscheinungen zu verzeichnen hat, ist diese Zahl von 80 Trefferprocenten nicht merklich gestiegen, sondern es scheint damit die Grenze der Leistungsfähigkeit für die bisherige Art der Wettersvoraussagung erreicht zu sein. Eine weitere Förderung darf aber vielleicht von der Zukunft erwartet werden, sofern es gelingt, die Empfänger der Prognosen an eigenes Nachdenken über dieselben und an deren Ergänzung auf Grund der örtlichen Beobachtungen und Erfahrungen zu gewöhnen.